

# Koiran lämmittelyn merkitys agilityssä

JUULIA RANTANEN

Eläinlääketieteen lisensiaatintutkielma



Pieneläinkirurgian oppiaine  
Kliinisen hevos- ja pieneläinlääketieteen osasto  
Eläinlääketieteellinen tiedekunta  
Helsingin Yliopisto  
2021

Tiedekunta - Fakultet – Faculty Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Osasto - Avdelning – Department Kliinisen- hevos ja pieneläinlääketieteen osasto	
Tekijä - Författare – Author Juulia Rantanen			
Työn nimi - Arbetets titel – Title Koiran lämmittelyn merkitys agilyssä			
Oppiaine - Läroämne – Subject Pieneläinkirurgian oppiaine			
Työn laji - Arbetets art – Level Lisensiaatintutkielma		Aika - Datum – Month and year 04/2021	Sivumäärä - Sidoantal – Number of pages 39
<p> <b>Tiivistelmä - Referat – Abstract</b> </p> <p> Agilityharrastuksen suosio on lisääntynyt ja siitä on tullut maailman nopeimmin kasvava koiraurheilulaji. Agilityssä koirat suorittavat ohjaajan avulla rataa, joka sisältää hyppäämistä, pujottelua, tiukkoja käännöksiä sekä kiipeilyä. Agilityä voi harrastaa kaikkien tervetuloisten ja hyväkuntoisten koirien kanssa. Agilityradat ovat entistä nopeampia ja haastavampia. Myös koirien urheilulliset vaatimukset ja samalla loukkaantumisriskit ovat kasvaneet. Tämä lisensiaatintyö sisältää kirjallisuuskatsauksen koiran fysiologiasta vertailtuna ihmisen fysiologiaan sekä ihmisten ennen urheiluvoittoa tapahtuvan lämmittelyn vaikutuksesta itse suoritukseen. Koirien lämmittelyn vaikutuksista agilysuoritukseen ei ole tutkimustietoa. Tämä katsaus ottaa huomioon ihmisen ja koiran elimistöjen erot ja pyrkii saadun tiedon perusteella soveltamaan sopivaa lämmittelyä agilykoiralle. Tutkittua tietoa tarvitaan kuitenkin lisää. </p> <p> Ihmisillä lämmittely on valmistelemaa harjoittelua pian alkavan suorituksen parantamiseksi. Lämmittelyn tarkoituksena on parantaa lihasten dynamiikkaa ja estää niiden mahdollista loukkaantumista. Lämmittely voi olla aktiivista, passiivista tai se voi sisältää erilaisia venyttelyitä sekä lajityypillisiä harjoituksia. Lämmittelyllä on todettu olevan monia vaikutuksia ihmisten elimistöön, jotka johtavat fyysisen suorituskyvyn parantamiseen sekä vähentävät urheiluvammojen todennäköisyyttä. Suurin osa näistä fysiologisista vaikutuksista johtuu kehon lämpötilan noususta. Kehon lämpötilan nousu aktivoi hermoston toimintaa, aikaansaa nopeamman hapen vapautumisen hemoglobiinista, aiheuttaa verisuonten laajenemista sekä parantaa lihasten verenkiertoa. Lihasten lämpötilan kohoaminen lisää lihasten supistumiskykyä sekä voimantuotantoa. Lihasten joustavuuteen vaikuttaa veren happipitoisuus ja lämpimissä lihaksissa veren happipitoisuus on korkeampi. Kylmät lihakset ovat alttiimpia vaurioille ja loukkaantumisille. Lihaksen lämpötilan nousu lisää myös jänteiden, nivelsiteiden ja muiden sidekudosten elastisuutta parantaen siten niveltä liikkuvuutta. Lajityypillinen lämmittely sisältää samankaltaisia liikkeitä kuin tuleva urheiluvoittoa. Lajityypillinen lämmittely on hyödyllinen urheiluvoittoa varten, joissa tarvitaan erityisiä taitoja sekä koordinaatiokykyä. Lämmittelyssä on tärkeää huomioida kesto, voimakkuus, palautuminen, ympäristöolosuhteet sekä harjoituksen suorittajan fyysiset ominaisuudet. </p> <p> Koirien tuki- ja liikuntaelimistön rakenteet kuormittuvat agilyssä ja loukkaantumisia tapahtuu. Eniten niitä sattuu A-esteellä, puomilla ja hyppyillä. Useimmiten nämä esteet aiheuttavat vammoja koirien selkään ja olkapäähän. Lämmittelyllä voidaan mahdollisesti ehkäistä koirien loukkaantumisriskiä agilyradalla sekä parantaa suorituksia kisatilanteissa. Agilyt suosio kasvaa ja siksi on tärkeää, että sen harrastajilla on tietoa lämmittelyn merkityksestä koirien hyvinvoinnille ja terveydelle. Kirjallisuuskatsauksen tietoja voivat hyödyntää sekä agilyseurat että muut tämän fyysisesti vaativan lajin parissa harrastavat. </p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords agility, lämmittely, lajityypillinen lämmittely			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited  HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto			
Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) – Instruktör och ledare – Director and Supervisor(s)  Anna Hielm-Björkman (johtaja ja toinen ohjaaja), Anna Boström (ohjaaja)			

# SANASTO

Voima = vuorovaikutus kahden kappaleen välillä, aiheuttaa kappaleelle kiihtyvyyden voiman suuntaan. Yksikkö newton (N) (Haarto 2012). Voidaan myös määritellä lihaksen tai lihasryhmän kyvyksi tuottaa jännitystä aiheuttaen voimaa (Marcellin-Little ym. 2005).

Teho = työn määrä aikayksikköä kohti. Yksikkö watti (W) (Sand ym. 2014).

Intensiteetti = energian siirtyminen pinta-alayksikön läpi tietyssä aikayksikössä ( $W/m^2$ ).

Hematokriitti = kertoo punasolujen tilavuusosuuden koko verimäärästä (Sand ym. 2014).

Happisaturaatio = veren happikyllästeisyys, kertoo kuinka paljon soluilla on happea saatavilla (Vänttilä 2013).

Proprioseptinen neuromuskulaarinen fasilitaatio = venytystekniikka, joka perustuu asento- ja liikeaistin avulla toteutettavaan hermo-lihasjärjestelmän aktivointiin (Tanssijoiden venyttely 2021).

Koirakko = koira ja koiran ohjaaja

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	1
2 KIRJALLISUUSKATSAUS .....	2
2.1 AGILITY .....	2
2.1.1 Agilityn säännöt .....	2
2.1.2 Kokoluokat .....	3
2.1.3 Agilityn fyysiset vaatimukset .....	4
2.2 HERMOSTO .....	6
2.2.1 Hermoston rakenne .....	6
2.2.2 Hermosolut .....	7
2.2.3 Synapsit .....	7
2.2.4 Hermo-lihasliitos .....	7
2.2.5 Liikkuminen .....	8
2.3 LUUSTOLIAKSET .....	8
2.3.1 Luustolihasien fysiologia .....	8
2.3.2 Lihaksen supistuminen .....	10
2.3.3 Lihaksen supistumisen säätely .....	10
2.3.4 Luustolihasyyppit .....	10
2.3.5 Lihaksen väsyminen .....	11
2.3.6 Lihaksen kehitys ja harjoittelu .....	12
2.4 VERENKIERTOELIMISTÖ .....	13
2.4.1 Rakenne ja toiminta lyhyesti .....	13
2.4.2 Sydämen minuuttitilavuus .....	14
2.4.3 Sydämen iskutilavuus .....	15
2.4.4 Sykkeen säätely .....	15
2.4.5 Rasituksen vaikutus verenkiertoelimistöön .....	16
2.4.6 Hapenottokyky .....	18
2.5 HENGITYSELIMISTÖ .....	19
2.5.1 Rakenne .....	19
2.5.2 Tehtävät ja toiminta .....	20
2.5.3 Hengityksen säätely rasituksessa .....	21
2.6 LÄMPÖTASAPAINO .....	22
2.6.1 Lämmönsäätely .....	23
2.7 LÄMMITTELY ENNEN HARJOITTELUA .....	25
2.7.1 Lämmittelyn rakenne .....	26
2.7.2 Lämmittelyn vaikutus elimistöön .....	27
2.7.3 Lajityyppillinen lämmittely .....	29
2.7.4 Lämmittelyn vaikutus vammojen ehkäisyyn .....	30
2.8 PALAUTUMINEN .....	31
3 POHDINTA .....	33
KIRJALLISUUSLUETTELO .....	40

# 1 JOHDANTO

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on tutkia koiran fysiologiaa lämmittelyn näkökulmasta ja vertailla sitä ihmisen fysiologiaan. Työssä pohditaan lämmittelyn merkitystä agilityssä. Koiran lämmittelystä agilityssä ei ole tieteellisiä tutkimuksia. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on selvittää, miten lämmittely vaikuttaa koiran elimistöön ja millainen lämmittely olisi hyödyllistä agilitykoiralle.

Agility on kasvattanut suosiotaan suomalaisten koiranomistajien keskuudessa. Yhä useampi koiranomistaja haluaa kokeilla agilityä koiransa kanssa ja sitä voi nykyään harrastaa vaikka omalla takapihallaan. Agilityhallit mahdollistavat harjoittelun sekä kisaamisen ympäri vuoden. Laji on kehittynyt ja koirien nopeudet ovat kasvaneet todella suuriksi. Koiran tuki- ja liikuntaelimistö joutuu alttiiksi monille iskuille sekä väännöille (Zachary 2014). Tämän takia myös lämmittelyn merkitys on kasvanut. Suomen Agilityliitto ohjeistaa agilityurheilijan eettisissä ohjeissa lämmittelemään ja jäähdyttelemään koiraan asianmukaisesti ennen agilitysuoritusta (Suomen Agilityliitto ry 2020). Ohjeissa myös kehoitetaan huolehtimaan koiran fyysisestä kunnosta hoitamalla sitä niin, että koira on sopivassa lihaskunnossa. Kirjallisuuskatsauksessa haluan tuoda esille, että ohjaajan tulee kiinnittää huomiota myös ennen suoritusta tapahtuvaan koiran lämmittelyyn.

## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Tässä kirjallisuuskatsauksessa perehdytään koiran fysiologiaan lämmittelyn näkökulmasta. Koiran lämmittelystä ennen agilitysuoritusta ei ole olemassa tutkittua tietoa. Siksi sovellan kirjallisuuskatsauksessani ihmisillä tehtyjä tutkimuksia, jotka koskevat lämmittelyä ennen urheilu-suoritusta. Tulen pohtimaan, miten tätä tietoa voidaan soveltaa koirien lämmittelyyn ennen agilitysuoritusta.

### 2.1 Agility

Agility on kehitetty Englannissa 1970-luvulla esteratsastuksen pohjalta. Ensimmäisen kerran agilityä on nähty koiranäyttelyssä Cruftissa vuonna 1978 ja sen jälkeen laji levisi ympäri Englantia. Suomessa agilityä on harrastettu ensimmäisen kerran Helsingin Messukeskuksen koiranäyttelyssä vuonna 1986 ja ensimmäiset viralliset kilpailut on järjestetty vuonna 1989. (Suomen Kennelliitto ry 2020). Aktiivisia agilityharrastajia Suomessa on noin 12 000 (Suomen Agilityliitto ry 2019).

Agility perustuu ihmisen ja koiran yhteistyöhön. Agilityn tavoite on 15–22 esteen radan suorittaminen tuomarin määräämässä järjestyksessä mahdollisimman nopeasti sekä virheettömästi. Ohjaajan on tarkoitus ohjata koira suorittamaan radalla olevat esteet numerojärjestyksessä käyttämällä omia liikkeitään sekä ääntään. Lajia voivat harrastaa kaikenikäiset ohjaajat. Agility on fyysinen laji ja sitä voi harrastaa minkä tahansa rotuisen terverakenteisen ja hyväkuntoisen koiran kanssa. (Suomen Agilityliitto ry 2019).

#### 2.1.1 Agilityn säännöt

Agilityyn kuuluu eri esteitä. Hyppyesteitä on viisi erilaista: aita, okseri, muuri, rengas sekä pituus. Kontaktiesteitä ovat puomi, keinu ja A-este. Muita esteitä ovat umpitunneli, avotunneli sekä pujottelu. Agilitykilpailussa on mahdollista kilpailla agility- tai hyppyradalla. Agilityrataan kuuluu vähintään kaksi suoritusta kontaktiesteillä, kun taas hyppyradalla ei ole lainkaan kontaktiesteitä (Suomen Agilityliitto ry 2017b).

Nopeimman ja virheettömämmän tuloksen tehnyt koira ja ohjaaja voittavat kyseisen radan. Ohjaaja ohjaa koiran suorittamaan esteet oikeassa järjestyksessä koskematta itse koiraan tai esteisiin. Ohjaaja ei saa mennä esteiden ali tai yli eikä itse suorittaa esteitä. Kilpailusuoritus alkaa, kun koira hyppää ensimmäisen esteen yli ja loppuu, kun koira on ylittänyt maalilinjan suoritettuaan viimeisen esteen (Suomen Agilityliitto ry 2017b).

Agilityssä kilpaillaan kolmessa eri tasoluokassa (1-luokka, 2-luokka sekä 3-luokka). Kilpailu aloitetaan 1-luokasta. Koirakon saavuttaessa luokanvaihtoon oikeutettavan määrän tuloksia, se voi siirtyä seuraavaan tasoluokkaan. Vaikeusaste sekä etenemisnopeus lisääntyvät tasoluokkien välillä. (Suomen Agilityliitto ry 2017a).

## 2.1.2 Kokoluokat

Agilitykilpailuissa koirat jaetaan tiettyyn kokoluokkaan niiden säkäkorkeuden perusteella (taulukko 1). Suomessa siirryttiin kolmesta kokoluokasta viiteen kokoluokkaan vuoden 2018 alusta. Pohjois-Amerikassa on ollut käytössä viisi kokoluokkaa pitkän ajan. Ranskassa taas on käytössä neljä eri kokoluokkaa ja Ruotsissa koirat on jaettu viiteen eri kokoluokkaan vuoden 2017 alusta. Tämän sääntöuudistuksen toivotaan antavan useille koirakoille mahdollisuuden harrastaa agilityä (Suomen Agilityliitto 2017).

**Taulukko 1.** Kokoluokat agilityssä.

KOKOLUOKKA	SÄKÄKORKEUS
Pikkumini (XS)	alle 28 cm
Mini (S)	28 - alle 35 cm
Medi (M)	35 – alle 43cm
Pikkumaksi (SL)	43 – alle 50 cm
Maksi (L)	vähintään 43 cm

### 2.1.3 Agilityn fyysiset vaatimukset

Agility on koiralle fyysisesti vaativa urheilulaji ja se asettaa fyysisiä vaatimuksia koiran ruumiinrakenteelle (Cullen ym. 2017, Zink 2013). Agilitykoiralta edellytetään nopeutta, tasapainoa ja ketteryyttä (Marcellin-Little ym. 2005). Rovira ym. (2007a) määrittelevät agilityn kohtalaisen raskaaksi harjoitukseksi koiralle. Nopeuden kesto kilpailuissa ei aiheuta koiralle voimakasta fyysistä rasitusta kliinisten hematologisten tutkimusten mukaan (Rovira ym. 2007a). Agilitytapahtumiin osallistuu kuitenkin paljon eri rotuisia sekä eri tasoisia koiria. Koirien kokemassa rasituksessa on eroja koirien erilaisista kuntotasoista ja luontaisista urheilukyvyistä johtuen (Baltzer ym. 2012).

Agilityradat ovat muuttuneet entistä haastavimmaksi ja niiden asettamat urheilulliset vaatimukset koiralle ovat kasvaneet (Levy ym. 2009). Koirat altistuvat erilaisille iskuille etenkin hyppyesteillä (Söhnel ym. 2020). Koiran hypätessä esteen yli iskun suurin kuormitus alustulossa kohdistuu koiran eturaajoille (Yanoff ym. 1992). Voimat, jotka kuormittavat raajoja hypyn aikana ovat erilaisia kuin normaalissa etenevässä liikkeessä. On havaittu, että koiran olkapään keskeinen kaudaalialue ei ole yhteydessä glenoidaalionteloon kävelyn tai ravin aikana, mutta hypyn aikana kosketusta tapahtuu. Hyppy voi siis lisätä kuormitusta alueille, jotka eivät ole normaalisti kosketuksissa toisiinsa ja näin aiheuttaa tai edistää rappeutumismuutoksia (Yanoff ym. 1992).

Yanoff ym. (1992) mittasivat maan reaktiovoiman vaikutusta koiran eturaajoihin hypyltä laskeutuessa ja vertasivat myös voimia kolmella eri hyppykorkeudella. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli määrittää hypyn korkeuden vaikutus koiran tuki- ja liikuntaelimistöön. Tulokseksi tuli, että hypyn korkeuden lisääminen aiheuttaa piikin maan reaktiovoimassa koiran laskeutuessa hypyltä. Mitä enemmän koira painaa, sitä suurempi on maan reaktiovoiman vaikutus koiran etujalkoihin (Yanoff ym. 1992). Birch ym. (2013) tutkivat hypyn korkeuden vaikutuksia koiran raajojen ja selän nivelille agilityssä. He toteavat, että hyppykorkeuden lisääminen aiheuttaa suurempaa koukistumista olka- ja kyynärnivelissä hyppyyn lähdön aikana. Nivelten lisääntynyt koukistuminen aiheuttaa kovempaa venytystä hauislihakseen. Hyppykorkeuden lisääminen johtaa siis merkittäviin muutoksiin nivelkulmissa ja voi sen vuoksi aiheuttaa vammoja agilityssä (Birch ym. 2013).



Hyppy esteen yli voidaan jakaa viiteen osaan: lähestyminen, hyppyyn lähtö, hyppy, laskeutuminen ja poistuminen (Clayton ym. 1989). Lähestymisen aikana koiran tavoite on optimoida kehon asento, nopeus ja kulma hyppyyn lähtöä varten. Koiran on valittava oikea yhdistelmä eteenpäin suuntautuvaa nopeutta ja etäisyyttä onnistuakseen esteen ylityksessä. Hyppyyn lähdössä koira määrittää hyppyradan ja takajalan lihaksistoa käytetään energian vapautumiseen tarvittavan tehon tuottamiseksi (Pfau ym. 2010). Koira ylittää esteen hypyn aikana (kuva 1) ja sen raajojen kuormitus on epäsymmetristä laskeutumisessa (Meershoek ym. 2001). Etujalka seuraa toista samalla varmistaen, että nopeus säilyy, jotta takaraajat voivat päästä hyppyesteen yli. Koiran lähestymisnopeuden noustessa kohti hyppyestettä, hypyn laskeutumiskulma madaltuu (Pfau ym. 2010). Birch ym. (2015) tekemän tutkimuksen mukaan taitavimmat agilitykoirat nousivat kauempana ja laskeutuivat kauemmas esteestä suuremmalla nopeudella. Aloittelevat koirat hyppäsivät hitaammin ja korkeammalle kuin kokeneemmat koirat. Tämä viittaa siihen, että nopeus kasvaa taitojen lisääntyessä (Birch ym. 2015).

Levy ym. (2009) tehdyn tutkimuksen mukaan yleisin agilityssä tapahtunut vamma on pehmytkudosvamma. Tähän luetaan mukaan nyrjähdykset, venähdykset sekä mustelmat. Koirien olkapäät ja selkä loukkaantuvat tutkimuksen mukaan yleisimmin. Koiran loukkaantuminen tapahtuu suorassa kosketuksessa useammin esteen kanssa kuin suorassa kosketuksessa maahan. Eniten koirat loukkaantuvat A-esteellä. Tutkimuksen havainnot viittaavat siihen, että tietyt esteet, radan olosuhteet ja harjoittelutekniikat voivat vaikuttaa koirien vammojen esiintymiseen (Levy ym. 2009).



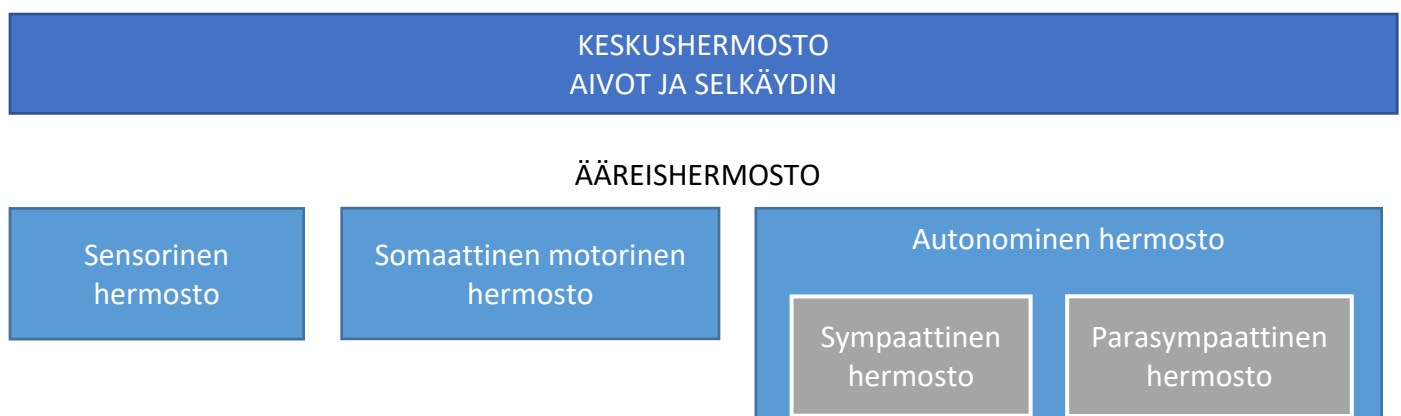
**Kuva 1.** Hyppyeste (Irene Erling).

## 2.2 Hermosto

### 2.2.1 Hermoston rakenne

Keskushermosto koostuu aivoista ja selkäytimestä sekä ihmisellä että koiralla. Ääreishermosto koostuu hermosäikeistä, jotka välittävät informaatiota keskushermoston ja muun kehon välillä (Sjaastad ym. 2010). Ääreishermosto voidaan jakaa vielä sensoriseen hermostoon, somaattiseen hermostoon sekä autonomiseen hermostoon (kuva 2). Sensorinen hermosto välittää eteenpäin aistinsolujen tuottamaa informaatiota, somaattisella hermostolla ohjataan luustolihaksia ja autonominen hermosto säätelee sydämen, sileidenlihasten ja rauhasten toimintaa (Sand ym. 2014). Autonominen hermosto jaetaan vielä sympaattiseen hermostoon sekä parasympaattiseen hermostoon. Parasympaattinen hermosto aktivoituu levossa kun taas sympaattinen hermosto kriisitilanteissa (Sand ym. 2014).

Ääreishermoston hermosolut jaetaan sensorisiin ja motorisiin hermosoluihin. Motoristen hermosolujen tehtävänä on toimittaa viestejä aivoista ja selkäytimestä kohde-eliimiin kuten luustolihassoluille. Sensoristen hermosolujen avulla viestit kulkeutuvat aistinsoluista selkäyttimeen ja aivoihin (Sand ym. 2014).



**Kuva 2.** Hermoston jako eri osiin. (Muokattu: Sand ym. 2014).

### 2.2.2 Hermosolut

Hermosoluissa on ohuita viejähaarakkeita eli aksoneita sekä useita tuojahaarakkeita eli dendriittejä (Sjaastad ym. 2010). Aksonit johtavat hermoimpulsseja eli aktiopotentiaaleja ja niiden pituudet vaihtelevat suuresti. Hermosolut hermottavat kohdesoluja aksoniensa välityksellä (Sand ym. 2014). Dendriitit ovat lyhyempiä ja ne tuovat hermosoluun tietoa (Sjaastad ym. 2010). Luustolihasia ohjaavan motoneuronin runko-osa eli sooma sijaitsee selkäytimessä tai aivorungossa (Sand ym. 2014). Luustolihasien lähellä aksonit haarautuvat hermopäätteisiin. Hermopäätteet sisältävät liitoksia eli synapseja, joiden avulla hermosolu on yhteydessä lihassolun kanssa (Sjaastad ym. 2010).

### 2.2.3 Synapsit

Hermosolu on yhteydessä kohdesoluunsa synapsien avulla. Keskushermosto kykenee ohjaamaan lihasten toimintaa synapsien kautta (Sand ym. 2014). Signaalit kulkevat sähköimpulsseina aksoneita pitkin ja saapuvat hermopäätteeseen. Sähköimpulssi vapauttaa välittäjäaineita hermopäätteestä synapsirakoon ja välittäjäaineet kulkeutuvat synapsiraon ylitse sitoutuen kohdesolun solukalvolla oleviin reseptoreihin (Sand ym. 2014). Välittäjäaineiden sitoutuminen kohdesolun reseptoreihin saa kalvojännitteen muuttumaan vaikuttamalla solukalvon ionikanaviin. Tämä kalvojännitteen muutos voi kiihdyttää tai estää kohdesolun sähköistä toimintaa (Sand ym. 2014).

### 2.2.4 Hermo-lihasliitos

Hermo-lihasliitos on tärkeä kemiallinen synapsi hermoston ja luustolihasien välillä, jonka välittäjäaineena toimii asetyylikoliini (Jones ym. 2017, Nishimune ym. 2018). Yksi hermosolu hermottaa vain yhtä lihassolua, mutta muodostaa useita liitoksia useiden lihassolujen kanssa haarautuvan aksoninsa avulla. Lihassolujen ryhmää, jota yksi motorinen hermosolu hermottaa, kutsutaan motoriseksi yksiköksi. Liitokset sijaitsevat yleensä lihassyiden keskellä ja ovat järjestetyssä linjassa lähellä olevien lihassyiden keskellä (Nishimune ym. 2018).

Hermosolun hermopääteessä on synapsirakkuloita, jotka sisältävät asetyylikoliinia. Asetyylikoliini kulkeutuu synapsiraon ylitse postsynaptisen kalvon reseptoreihin. Asetyylikoliinin sitouduttua reseptoreihin lihassolussa käynnistyy aktiopotentiaali, joka saa aikaan lihassolun supistumisen (Sand ym 2014). Boehm ym. (2020) tutkivat hermo-lihasliitoksen anatomian eroja nisäkkäillä. Heidän tutkimuksensa mukaan koirien hermo-lihasliitokset sekä aksonien halkaisijat ovat kooltaan suurempia kuin ihmisillä. Tutkimuksessa ei löydetty yhteyttä hermo-lihasliitosten ja lihassolujen halkaisijan koon kanssa.

## 2.2.5 Liikkuminen

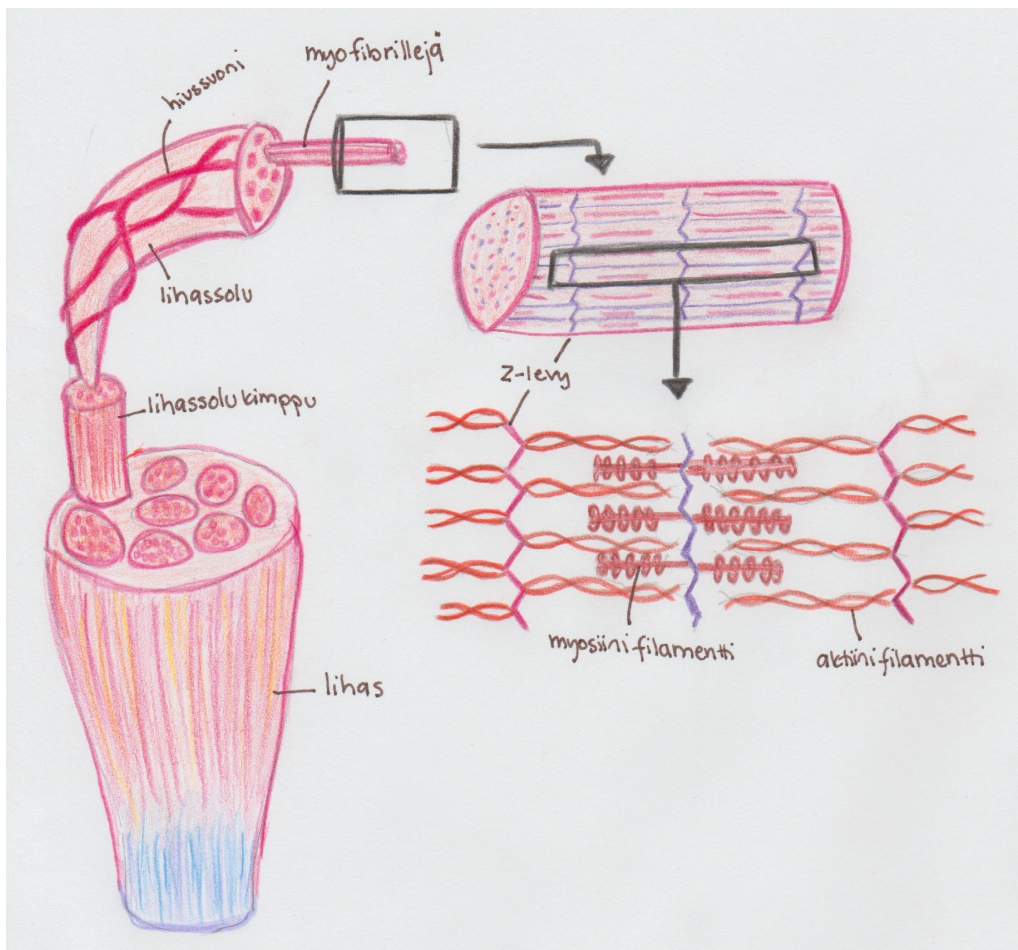
Koiran raajojen syklinen liike kävelyssä vaatii vuorottelevat vaiheet, askelluksen ja jalan heilautuksen eteenpäin. Tämä liike vaatii vuorotellen aktiivisuutta sekä ojentaja- että koukistajalihaksilta. Koiran neljän raajan liikkeiden tulee olla tarkasti synkronoituja täsmällisten liikkeiden onnistumiseksi (Sjaastad ym. 2010). Liikkeen mahdollistaja, joka kontrolloi mukana olevien motoneuronien aktiivisuutta, sijaitsee selkäytimessä. Liikkumisen perusliikkeet ovat riippumattomia aistinvaraisista tiedoista. Aisteilla on kuitenkin vaikutusta liikkeiden hienosäätöön. Liikkumiseen vaikuttavat myös aivokuoresta, basaalgangliosta ja pikkuaivoista tulevat tiedot (Sjaastad ym. 2010).

## 2.3 Luustolihakset

### 2.3.1 Luustolihasten fysiologia

Luustolihakset ovat koostumukseltaan samanlaiset koirilla ja ihmisillä (Sand ym. 2014, Sjaastad ym. 2010). Luustolihakset koostuvat lihassoluista, sidekudoksesta, hermoista ja verisuonista (kuva 3). Lihassolun sisällä on myofibrillejä, jotka ulottuvat lihassolun päästä päähän. Myofibrillit koostuvat myofilamenteista eli aktiini- ja myosiiniproteiineista (Sand ym. 2014). Myofilamentit ovat järjestäytyneet myofibrilleihin säännöllisiin ketjuihin. Tätä ketjua kutsutaan sarkomeeriksi. Sarkomeeri koostuu kahdesta aktiinifilamenttiryhmästä, jotka ovat kiinni Z-levyissä. Myosiinifilamentit ovat lomittain aktiinifilamenttien kanssa ja ne sijaitsevat sarkomeerien keskellä. Myosiinifilamentit koostuvat myosiinimolekyyleistä, joissa on

väkänen. Aktiinifilamentit muodostuvat aktiinimolekyyleistä, jotka ovat järjestäytyneet kierteiseksi kaksoisketjuksi. Myofibrilliä ympäröi sarkoplasmakalvosto, joka sisältää paljon kalsiumia (Sand ym. 2014). Myofibrillin ympärillä on myös T-putkia, jotka sijaitsevat Z-levyjen kummallakin puolella tiiviisti sarkoplasmakalvostossa kiinni. Lihassolua ympäröi ohut sidekalvo. Lihassolut muodostavat kimppuja, joita ympäröi paksumpi sidekalvo. Lihas muodostuu monesta lihassolukimpusta ja lihasta ympäröi sidekudoskalvo. Kalvojen kollageenisäikeet yhdistyvät lihaksen päissä jänteisiin. Jänteiden avulla luustolihakset kiinnittyvät luihin. Jänteet liikuttavat ja tukevat niveliä sekä estävät tarvittaessa nivelten liikettä (Sand ym. 2014).



**Kuva 3.** Luustolihaksen rakenne (Juulia Rantanen 2021).

### 2.3.2 Lihaksen supistuminen

Lihassolujen supistuminen tuottaa voimaa. Lihassolun supistumisessa aktiini- ja myosiinifilamentit liukuvat lomittain ja sarkomeeri lyhenee. ATP-molekyyli sitoutuu myosiiniväkäseen, jolloin ATP pilkkoutuu ADP:ksi ja fosfaatiksi. Tässä tapahtumassa energiaa varastoituu myosiiniväkäseen, joka jännittyy. Lihassolun sisään leviää aktiopotentiaali T-putkistoa pitkin ja sarkoplasmakalvostosta vapautuu  $\text{Ca}^{2+}$  -ioneja. Sytosolin  $\text{Ca}^{2+}$  -ionipitoisuuden suurenemisen takia aktiinimolekyylin sitoutumiskohtia peittäviin troponiini proteiinimolekyyliin sitoutuu kalsiumia ja tropomyosiini proteiinit irtoavat sitoutumiskohdista (Millard 2014). Nyt myosiiniväkänen pystyy tarttumaan aktiinifilamenttiin ja samalla väkänen taipuu. Taipuminen siirtää aktiinifilamentit kohti sarkomeerin keskiosaa. Uuden ATP-molekyylin sitoutuessa myosiiniväkänen irtoaa aktiinista ja tapahtumasarja toistuu (Sand ym. 2014).

### 2.3.3 Lihaksen supistumisen säätely

Luustolihas supistuminen alkaa, kun keskushermostosta saapuu aktiopotentiaali hermo-lihasliitokseen (Sand ym. 2014). Hermopäätteet vapauttavat asetyylikoliinia, joka sitoutuu lihassolun kalvoreseptoreihin ja tämä saa aikaan aktiopotentiaalin leviämisen koko lihassoluun. Aktiopotentiaali leviää solukalvoa pitkin T-putkistoon ja sarkoplasmakalvostosta alkaa vapautumaan  $\text{Ca}^{2+}$  -ioneja sytosoliin, jolloin lihassupistuminen alkaa.  $\text{Ca}^{2+}$  -ionien vapautuminen sarkoplasmakalvostosta lakkaa, kun aktiopotentiaali päättyy. Sarkoplasmakalvoston kalsiumpumput pumppaavat sytosolista  $\text{Ca}^{2+}$  -ionit takaisin sarkoplasmakalvostoon ja sytosolin  $\text{Ca}^{2+}$  pitoisuus palaa alhaiselle lähtötasolle. Tällöin tapahtuu lihassolun veltostuminen (Sand ym. 2014).

### 2.3.4 Luustolihas tyyppit

Koirien ja ihmisten luustolihas solut voidaan luokitella eri tyyppeihin solun yksilöllisten supistumis ja metabolisten ominaisuuksien perusteella (Millard 2014, Sand ym. 2014). Suurimmat erot liittyvät supistumisnopeuteen, eli siihen kuinka nopeasti myosiini pilkkoo

ATP:tä (Sand ym. 2014). Ihmisten luustolihasolut voidaan jakaa hitaisiin (tyyppi 1) ja nopeisiin (tyyppi 2) lihassoluihin. Tyypin 2 lihassolut voidaan jakaa vielä 2A, 2B ja 2C lihassoluihin (Billeter 1981). Tyypin 1 lihassolut sisältävät korkeampia pitoisuuksia oksidatiivisia entsyymejä sekä myoglobiinia ja soveltuvat hyvin aerobisten toimintojen suorittamiseen, eivätkä väsy nopeasti. Tyypin 2 lihassoluilla on pienempi määrä oksidatiivisia entsyymejä ja rajoitettu aerobinen kapasiteetti. Tyypin 2 lihassoluissa on kuitenkin suuria määriä glykolyyttisiä entsyymejä anaerobista aineenvaihduntaa varten, joten ne kykenevät tuottamaan tehokkaita ja lyhytaikaisia suorituksia. Ne kuitenkin väsyvät nopeammin kuin tyypin 1 lihassolut (Millard 2014). Monet ihmisten luustolihakset koostuvat molemmista lihassolutyypeistä (Billeter 1981).

Koirien runko- ja jalkalihaksista on löydetty luustolihasoluja, jotka voidaan jakaa tyyppeihin 1, 2A ja 2X (Latorre ym 1993). Koirilla tyypin 2B lihassoluja on löydetty vain kielenlihaksesta (Millard 2014). Koiran runko- ja jalkalihakset koostuvat pääasiassa lihassolutyypistä 2A. Lihassolutyyppiä 2X on löydetty suurimmasta osasta lihaksia, mutta pääasiassa ne ovat hybridityyppiä 2A–2X kuin täysin 2X tyyppiä (Toniolo ym. 2007). Tiettyjen koirien lihassolutyyppien jakautumiseen vaikuttavat myös geneettiset tekijät. Sprinttikoirilla kuten englanninvinttikoirilla on suurempi prosenttiosuus tyypin 2 lihassoluja, kun taas koirilla, jotka ovat taitavampia kestävyudessa on enemmän tyypin 1 lihassoluja (Millard 2014). Tutkimukset ovat osoittaneet, että koirien tyypin 2 lihassoluilla on kuitenkin jonkinlaisia pitoisuuksia oksidatiivisia entsyymejä. Koirien korkea kestävyys johtuukin puhtaasti glykolyyttisten lihassolutyyppien puuttumisesta (Acevedo ym. 2005).

### 2.3.5 Lihaksen väsyminen

Luustolihasien supistuminen harjoittelun edellyttämällä nopeuksilla ei voi jatkua loputtomiin. Koirilla ja ihmisillä lihas saavuttaa väsymyksen, kun se ei pysty enää ylläpitämään tehoa supistumisen aikana (Millard 2014). Fitts (1994) määrittelee lihaksen väsymisen vaaditun tai odotetun tehon ylläpitämisen epäonnistumisena. Lihaksen väsyminen riippuu harjoituksen voimakkuudesta sekä ympäristöolosuhteista. Lyhytaikaisen korkean intensiteetin harjoituksessa lihasten väsymystä aiheuttavat eri tekijät kuin pitkässä kevyessä harjoituksessa. Lyhytaikainen korkean intensiteetin harjoitus vaatii kaikkia eri lihastyyppejä,

korkeaa supistumistaajuutta ja korkeaa anaerobista aineenvaihduntaa. Korkea anaerobinen aineenvaihdunta johtaa solunsisäisen vetyionien ja fosfaatti-ionien lisääntymiseen, joiden tiedetään estävän huippuvoiman saavuttamista ja johtavan lihaksen väsymiseen (Fitts 1994). Kevyessä harjoituksessa solun aineenvaihdunta on pääasiassa aerobista ja näin ollen lihasten laktaatti, vetyioni ja fosfaatti-ioni taso pysyvät suhteellisen samana ja tämän vuoksi lihas väsyy hitaammin (Fitts 1994).

Lihasten väsyminen johtuu pääasiassa lihaksen kyvystä tuottaa ATP:tä suhteessa ATP-vaatimuksiin. Harjoituksen aikana luurankolihasen tarve ATP:lle kasvaa. Kun ATP-tasojen muodostamiseen tarvittavat komponentit ehtyvät, käytettävissä on vähemmän ATP:tä energian tuottamiseksi jatkuvaan lihasten supistumiseen. Tämä johtaa kyvyttömyyteen suorittaa harjoitusta samalla tasolla tai nopeudella kuin aikaisemmin. Lihassoluihin kertyy liikaa epäorgaanisia fosfaatti-ioneja, kun ATP:n muodostuminen ei pysy ATP:n kulutuksen tasolla. Suuri fosfaatti-ioni pitoisuus voi häiritä aktiinin ja myosiinin sitoutumista sekä estää kalsiumin vapautumista sarkoplasmakalvostosta (Millard 2014).

Millard (2014) toteaa, että väsymys voi myös johtua mahdollisten psykologisten tekijöiden vaikutuksesta keskushermostoon. Keskushermostolliset tekijät voivat joko parantaa tai rajoittaa suorituskkyä. Koirat voivat toimia Millardin (2014) mukaan hyvänä esimerkkinä psykologisten tekijöiden aiheuttamasta väsymyksestä. Tiettyjen koirarotujen ominaisuudet saattavat antaa niille mahdollisuuden jatkaa harjoittelua vielä silloin, kun muut rodut jo lopettaisivat. Sanallisen rohkaisun ansiosta vietti juosta tai noutaa saattaa vahvistaa joidenkin koirien fyysistä aktiivisuutta uupumuksesta huolimatta. Keskushermoston osallisuus lihaksen väsymiseen on epäselvä ja tutkimuksella asiaa ei ole vielä todistettu (Millard 2014).

### 2.3.6 Lihaksen kehitys ja harjoittelu

Harjoittelulla ei pystytä lisäämään luustolihasolujen määrää, mutta sillä voidaan muuttaa niiden ominaisuuksia (Sand ym. 2014). Kestävyysharjoittelu eli pitkäkestoinen harjoittelu pienellä kuormituksella lisää luurankolihasolujen mitokondrioiden määrää (Holloszy ym. 1984). Mitokondriot valmistavat suurimman osan lihasolujen ATP:stä (Sjaastad ym. 2010). Sen lisäksi lihasolua ympäröivä hiussuoniverkosto tihentyy. Näiden avulla lihakset pystyvät



työskentelemään tehokkaammin ja pidempään väsymättä. Kestävyysharjoittelulla pystytään myös parantamaan sydämen pumppauskykyä sekä hengityselimistön kapasiteettiä (Sand ym. 2014). Kestävyysharjoittelu vaikuttaa suurimmaksi osaksi tyypin 1 eli oksidatiivisiin lihasoluihin (Sjaastad ym. 2010).

Korkeampitehoisella harjoittelulla pystytään taas lisäämään lihaksen poikkipinta-alaa ja lihaksen voimaa. Lyhytkestoiset ja lähes lihaksen maksimivoimaa vastaavat harjoitukset ovat tehokkaita ja ne lisäävät aktiinin ja myosiinin tuotantoa, erityisesti tyypin 2 lihassoluissa (Sjaastad ym. 2010). Voimaharjoittelulla pystytään siis lisäämään lihaksen läpimittaa (hypertrofia) sekä supistumisvoimaa, mutta ei lihaksen kestävyyttä. Tärkeää harjoittelussa on säilyttää tasapaino kestävyys- ja voimaharjoitteluissa (Sand ym. 2014).

Koirien liikkeen voima liittyy pääasiassa nopeuteen ja kykyyn kuljettaa tai vetää kuormaa. Voima on myös tärkeää agilitykoirille, sillä niiden tulee pystyä kiihdyttämään sekä hidastamaan erittäin nopeasti (Millard 2014).

## 2.4 Verenkiertoelimistö

Verenkiertoelimistöön kuuluu verisuonisto sekä sydän. Verenkiertoelimistön tärkeimpiä tehtäviä ovat hapen kuljetus keuhkoista kudoksille ja hiilidioksidin kuljetus kudoksista keuhkoihin elimistöä poistettavaksi, ravintoaineiden kuljetus kudoksille ruoansulatuskanavasta, kuona-aineiden kuljetus kudoksista pois, lämmön kuljetus iholle kudoksista, hormoneiden kuljetus endokriinisista rauhasista kohdesoluihin sekä suojata infektioilta kuljettamalla valkosoluja sekä vasta-aineita kudoksiin (Sand ym. 2014). Sydämen koko on suurin määrittävä tekijä sydämen iskutilavuudelle, minuuttitilavuudelle ja siten aerobisille kapasiteetille ja suorituskyvylle (Poole ym. 2011).

### 2.4.1 Rakenne ja toiminta lyhyesti

Sydämen jakaa kahteen eri puoleen vahva väliseinä. Kummallakin puolella on kammio sekä eteinen. Sydämen eteisiin palaa veri keuhkoverenkierrosta tai systeemisestä verenkierrasta.

Vasen kammio pumpppaa verta systeemiseen verenkiertoon ja oikea kammio keuhkoverenkiertoon (Sand ym. 2014).

Verisuonet voidaan jakaa valtimoihin, laskimoihin sekä hiusverisuoniin. Valtimoiden tehtävänä on kuljettaa verta kammioista eri elimiin, laskimoiden kautta veri palaa eteisiin ja hiusverisuonet yhdistävät valtimot laskimoihin. Sydäimestä veri pumpataan valtimoihin, josta veri kuljetetaan pienempiin valtimoihin, jotka haarautuvat vielä pienempiin hiusverisuoniin. Hiusverisuonten seinämien läpi kulkeutuu ravintoaineet, hengityskaasut sekä kuona-aineet verestä soluihin ja päinvastoin. Pienemmät laskimot keräävät palaavan veren ja kuljettavat sen suurempiin laskimoihin, joiden avulla veri palaa sydämeen (Sand ym. 2014). Sydämen toiminta voidaan jakaa kahteen eri vaiheeseen, systoliseen ja diastoliseen vaiheeseen. Diastolinen vaihe tarkoittaa kammioiden lepovaihetta, jonka aikaan kammiot täyttyvät verellä ja systolinen vaihe taas tarkoittaa kammioiden supistumisvaihetta (Sand ym. 2014).

#### 2.4.2 Sydämen minuuttitilavuus

Sydämen minuuttitilavuus on kunkin kammion pumpppaama verimäärä yhden minuutin aikana. Minuuttitilavuus saadaan laskettua kertomalla syke iskutilavuudella. Syke on sydämen lyöntien määrä minuutissa ja iskutilavuus on se verimäärä, minkä kammio pumpppaa yhden lyönnin aikana (Sjaastad ym. 2010).

Sydän kykenee muuttamaan minuuttitilavuutta elimistön tarpeiden mukaan. Rasituksessa sydämen minuuttitilavuus voi olla monta kertaa suurempi kuin levossa (Sjaastad ym. 2010). Minuuttitilavuutta voidaan säätää muuttamalla joko sydämen sykettä, iskutilavuutta tai molempia näistä (Sjaastad ym. 2010). Rasituksen aikana sydämen minuuttitilavuuden tulee kasvaa nostaakseen aineenvaihdunnan nopeutta. Rasituksessa luurankoli hasten hapen ja ravintoaineiden tarve lisääntyy ja se vaatii sydämen minuuttitilavuuden kasvua (Millard 2014).

### 2.4.3 Sydämen iskutilavuus

Kohtalaisessa rasituksessa sydämen minuuttitilavuuden suureneminen johtuu pääasiassa tai kokonaan sykkeen nousemisesta. Kuitenkin intensiivisemmässä rasituksessa minuuttitilavuuden suurentumiseen vaikuttaa myös lisääntynyt sydämen iskutilavuus (Sjaastad ym. 2010). Sydämen iskutilavuus saadaan, kun loppudiasistolisesta tilavuudesta vähennetään loppusystolinen tilavuus. Loppudiasistolisella tilavuudella tarkoitetaan juuri ennen kammiosupistumisen käynnistymistä kammioissa olevaa verimäärää. Loppusystolisella tilavuudella tarkoitetaan kammiosupistumisen jälkeen kammioissa olevaa verimäärää (Sand ym. 2014).

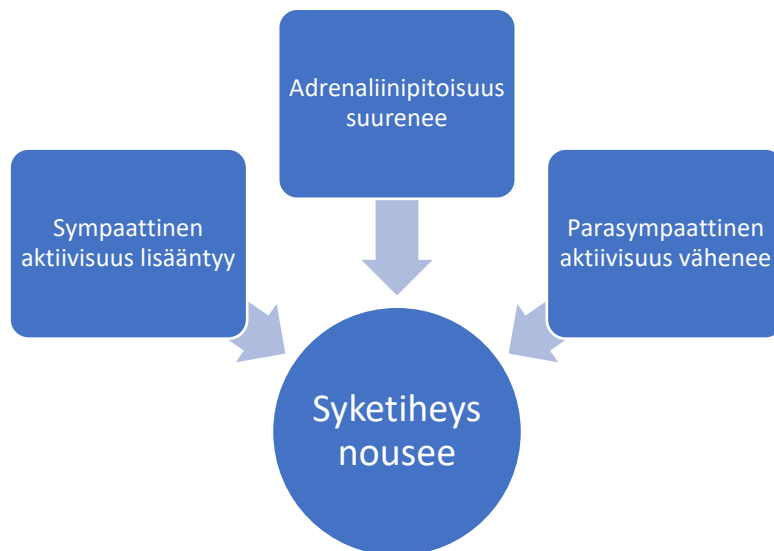
Säännöllinen liikunta kasvattaa sydämen kokoa sekä iskutilavuutta. Leposyke laskee suhteessa iskutilavuuden kasvuun. Tämän takia sydämen minuuttitilavuus on sama aktiivisilla ja vähemmän aktiivisilla yksilöillä. Matala leposyke aktiivisilla yksilöillä johtuu parasympaattisesta vaikutuksesta sydämen sinussolmukkeeseen. Iskutilavuuden nousu johtuu pääasiassa pitkittyneestä diastolisesta vaiheesta, jolloin kammioilla on enemmän aikaa täyttyä (Sjaastad ym. 2010).

Koiralla iskutilavuus pienenee kun hapen kulutus kasvaa harjoituksen aikana. Tämä iskutilavuuden pieneneminen johtuu minuuttitilavuuden tasoittumisesta, kun syke edelleen nousee. Samanlaista minuuttitilavuuden tasoa verrattuna hapen kulutukseen ei ole löydetty ihmisellä (Ceretelli ym. 1963).

### 2.4.4 Sykkeen säätely

Koiran leposyke on keskimäärin 70–120 lyöntiä minuutissa. Autonominen hermosto sekä hormonit vaikuttavat sydämen sinussolmukkeen impulssintuotantoon ja sitä kautta sydämen sykkeeseen (Sjaastad ym. 2010). Sydämen sykkeen nopeutumisen aiheuttaa sympaattisten hermoston ärsytys sekä adrenaliinipitoisuuden suureneminen veressä. Sykettä taas hidastaa parasympaattisen hermoston stimulaatio. Sykkeeseen siis vaikuttaa parasympaattisen

hermoston, sympaattisen hermoston sekä adrenaliinihormonin välinen suhde (kuva 4) (Sand ym. 2014). Eläimen innostuessa tai pelästyessä sympaattinen hermosto aktivoituu ja sydämen syke nousee. Sydämen sykkeen muutokset ovat siis yleensä molempien, parasympaattisen sekä sympaattisen hermoston aktivoitumisesta johtuvia (Sjaastad ym. 2010).



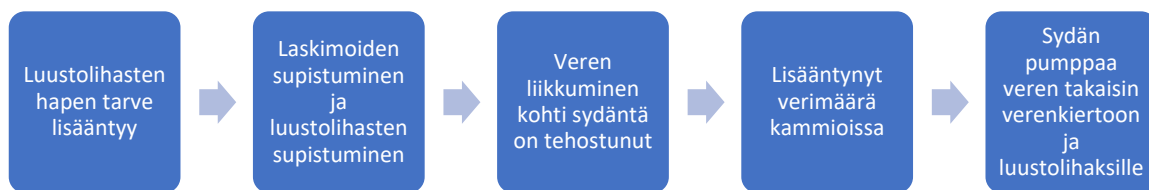
**Kuva 4.** Syketiheyden nousemiseen vaikuttavat tekijät. (Muokattu: Sand ym. 2014).

Van Citters ym. (1969) tutkimuksessa Alaskan rekikoirien syke nousi huomattavasti liikunnan alkaessa. Koiralla leposyke voi nousta 50 lyönnistä minuutissa 300 lyöntiin minuutissa ja pysyä 250–300 lyöntiä minuutissa 60 minuutin harjoituksen aikana. Mush ym. (1985) tutkivat Amerikan kettukoirien sykettä juoksumatolla ja totesivat samanlaisia muutoksia sykkeessä. Myös kettukoirilla sykkeen havaittiin nousevan maksimaalisessa harjoituksessa lähes 300 lyöntiin minuutissa. Rovira ym. (2007a) tutkimuksessa koirien sykkeet agilitykilpailun aikana olivat maksimissaan 220 lyöntiä minuutissa, joka viittaa kohtalaiseen rasitukseen lyhyen suorituksen aikana.

#### 2.4.5 Rasituksen vaikutus verenkiertoelimistöön

Rasituksen aikana parasympaattisen aktiivisuuden väheneminen sekä sympaattisen hermoston aktivointi lisäävät siis sykettä ja supistumisvoimaa harjoituksen aikana. Sydämen iskutilavuus myös lisääntyy (Millard 2014). Rasituksessa luustolihashsten hapen tarve kasvaa ja elimistöllä on eri tapoja lisätä luustolihashsten hapen saantia. Laskimopaluuta sydämeen lisää

laskimoiden supistuminen, joka vähentää laskimojärjestelmän varastointikapasiteettia ja saa veren liikkumaan kohti sydäntä. Luustolihashsten supistuminen vaikuttaa myös mekaanisesti laskimoihin ja veren liikkumiseen sydäntä kohti. Tämä lisää verenmäärää kammioissa diastolen lopussa, jonka sydän voi pumpata takaisin verenkiertoon luustolihashsille (kuva 5) (Millard 2014).



**Kuva 5.** Rasituksessa luustolihashsten hapen tarpeen lisääntymisen vaikutus verenkiertoelimistöön. (Muokattu: Sand ym. 2014).

Koiralla verenkierron muutokset ovat samantapaisia kuin ihmisellä. Verenkierto aorttaan ja sepelvaltimoihin lisääntyy rasituksen aikana lisääntyneen sydämen minuuttitilavuuden johdosta. Vastaavasti luustolihashsten hapentarpeen kasvaessa rasituksen aikana myös sydänlihaksen hapentarve kasvaa (Millard 2014).

Hematokriitti kertoo hapen siirtymiskyvystä aktiivisiin kudoksiin harjoituksen aikana ja sen kasvu liittyy harjoituksen voimakkuuteen, pernan supistumiseen ja hemokonsentraatioon (Rovira ym. 2007a). Koirat toisin kuin ihmiset, kykenevät pernan supistumisella lisäämään punasolujen määrää verenkierrossa (Longhurst ym. 1986). Agilityharjoitus aiheuttaa pernan supistumisen (Rovira ym. 2007b). Punasolujen lisääntynyt määrä rasituksen aikana lisää hapen määrää verenkierrossa 1,3–1,5 kertaisesti lepotasoon verrattuna (Dane ym. 2006). Koirien systeeminen hapenkulutus riippuu osittain valtimoiden happipitoisuudesta kohtalaisessa ja maksimaalisessa rasituksessa (Longhurst ym. 1986). Urheilullisilla koirilla systeeminen hematokriitti voi nousta 40 % levossa, lähes 60 % rasituksessa ja niiden maksimaalinen hapenottokyky voi olla melkein kaksi kertaa parempi kuin kestävyysjuoksija ihmisellä (Dane

ym. 2006). Rasituksen loputtua energian tarve vähenee ja perna rentoutuu, jolloin punasolujen määrä verenkierrrossa laskee (Hsia ym. 2007).

Rasitus vaikuttaa myös koiran verenpaineeseen. Systolinen paine voi nousta rasituksen aikana huomattavasti. Kuitenkin diastoliset paineet rasituksen aikana ovat alhaisempia kuin lepoarvot, jolloin keskipaineen arvot ovat lähellä lepopainetta. Nämä muutokset ovat seurasta luustoli hasten valtimoiden laajenemisesta, jotka vähentävät diastolista verenpainetta (Van Citters ym. 1969). Fyysinen rasitus on hyödyllistä koirien verenkiertoelimistölle, myös sydänsairauksista kärsiville. Rasitus on kuitenkin mukautettava koiran iän, terveydentilan ja painon mukaan (Queiroz 2018).

#### 2.4.6 Hapenottokyky

Lihasten harjoittelun suurimpana haasteena on hapen kuljetus, joka vaatii keuhkojen, sydän- ja verisuonijärjestelmän sekä lihasten erittäin koordinoitua keskinäistä toimintaa (Poole ym. 2011). Maksimaalinen hapenottokyky on paras aerobisen harjoituksen voimakkuuden indeksi. Ihmisillä kestävyys harjoittelussa maksimaalinen hapenotto on seurausta sydämen minuuttitilavuuden sekä systeemisen hapen kuljetuksen kasvusta (Millard 2014). Terveillä aikuisilla ihmisillä maksimaalinen hapenkuljetuskapasiteetti ja käyttö vastaa suurinta hapenottokykyä. Se mitataan suurten lihasmassaharjoitusten aikaan, tyypillisesti juoksussa tai pyöräilyssä ja väli vaihtelee 1–7 litraa/min tai 15–90 ml/kg/min. Suurimpaan hapenottoon vaikuttaa pääasiassa kehon massa, urheilullisuus ja ikä (Poole ym. 2011).

Koirien hapenottokykytutkimukset ovat osoittaneet yhtäläisyyksiä ihmisillä tehtyjen tutkimusten kanssa (Millard 2014). Koirilla tehtyjen tutkimusten mukaan kestävyys harjoittelu nostaa hapenottokykyä (Musch ym. 1985). Samoin kuin ihmisillä, koirilla hapenottokyvyn lisääntyminen harjoituksen aikana johtuu sydämen minuuttitilavuuden kasvamisesta (Millard 2014).

## 2.5 Hengityselimistö

Hengitys on kaasujen vaihtoa ilman ja elimistön solujen välillä. Keuhkotuuletus eli ventilaatio on ilman virtaamista keuhkoihin, keuhkorakkuloihin ja takaisin ulos. Kaasujenvaihto tapahtuu keuhkokudoksen ja veren välillä. Kaasuja kuljetetaan verenkierrossa elimistöön ja vaihdetaan veren ja kudosten välillä (Sand ym. 2014).

### 2.5.1 Rakenne

Hengityselimistö koostuu nisäkkäillä nenä- ja suuonteloista, nielusta, kurkunpäästä, henkitorvesta ja sen haaroista keuhkoputkista sekä keuhkolohkoista (Sjaastad ym. 2010). Levossa olevalla eläimellä ilma virtaa nenäontelon, nielun ja kurkunpään läpi. Nämä rakenteet lämmittävät ja kostuttavat sisäänhengitettävää ilmaa (Robinson 1992). Ylemmät hengitystiet koostuvat jäykistä sekä taipuvista rakenteista. Ulkoiset sieraimet toimivat hengitysteiden sisäänkäyntinä (Robinson 1992). Nielua ympäröi lihakset, joihin kiinnittyvät kieliluut. Nielu koostuu kahdesta aukosta, ruokatorvesta sekä kurkunpäästä. Kurkunpää koostuu rustoista sekä lihaksista ja se yhdistää nielun henkitorveen (Robinson 1992, Sand ym. 2014). Äänihuulet sijaitsevat kurkunpäässä (Sand ym. 2014). Kurkunkansi koostuu rustosta kurkunpään yläpuolella ja sen tehtävänä on ohjata ruoka ruokatorveen henkitorven sijasta (Sand ym. 2014). Suurempia hengitysteitä, henkitorvea ja keuhkoputkia tukevat rustoiset osat. Henkitorvi muodostuu rustokaarista, joita yhdistävät sidekudossäikeet sekä henkitorvenlihas (Sand ym. 2014, König ym. 2014). Rustokaarien muoto ja määrä on erilainen eri eläimillä. Koiralla on 42–46 rustokaarta (König ym. 2014). Henkitorvi jakautuu kahteen eri päähaaraan eli keuhkoputkeen, jotka johtavat eri keuhkoihin (Sjaastan ym. 2010). Koiran keuhkot koostuvat kuudesta keuhkolohkosta (Robinson 1992). Pienet keuhkoputken haarat päättyvät keuhkorakkuloihin eli alveoleihin. Alveolit ovat hiussuoniverkoston ympäröimänä. Alveoleissa olevan ilman ja hiusverisuonissa olevan veren erottaa ohut yhdenkertainen levyepiteelikerros, hiusverisuonen seinämän endoteelisolut sekä niiden välissä oleva tyvikalvo. Tämän seinämän läpi tapahtuu kaasujenvaihto (Sand ym. 2014).

### 2.5.1.1 Rotujen rakenne-erot

Brakykefaalinen syndrooma tarkoittaa hengitysvaikeutta tietyillä roduilla. Näillä roduilla on lyhyempi ja leveämpi kallo kuin muilla roduilla (Dupre ym. 2016). Brakykefaalisten eläinten hengitysvaikeudet johtuvat niiden anatomisista ja toiminnallisista poikkeavuuksista (Hedlund ym. 2007). Lyhentynyt kallon pitkittäisakselin muodostuminen johtuu varhaisesta kallonpohjan kasvurustojen aikaisesta niveljäykistymästä (Meola 2013). Yleisiä brakykefaalisia rotuja ovat mopsi, englannin- ja ranskanbulldogit, bostoninterrieri, pekingeese, maltankoiro, shih tzu, bokseri, cavalier kingcharlsinspanieli, yorkshirenterrieri, kääpiöpinseri ja chihuahua (Meola 2013). Roduille ovat tavanomaista muun muassa ahtaat sieraimet, pidentynyt pehmeä kitalaki sekä kurkunpään ympärikäntyneet umpipussit. Samanaikainen henkitorven vajaakehittyneisyys tai pitkälle edennyt kurkunpään romahdus lisäävät usein hengitysvaikeuksia (Hedlund ym. 2007). Tyypillisiä brakykefaalisten rotujen hengitystieoireita ovat äänekäs ja rohiseva hengitys, kuorsaus, yskä, alentunut rasituksen sietokyky, hengitysvaikeudet, alentunut lämmönsäätelykyky ja pyörtyily (Meola 2013).

Brakykefaalisten rotujen ahtaat sieraimet johtuvat nenärustojen synnynnäisistä epämuodostumista. Ilmavirta nenäonteloihin on rajoitettua ja sisäänhengitys vaatii suurempaa ponnistelua kyseisillä roduilla (Hedlund ym. 2007). Ilmavirta nenäonteloiden läpi on noin 76,5 % kokonaisilmavirran vastuksesta hengitysteissä ja se ei eroa sisäänhengityksessä ja uloshengityksessä normaalirakenteisilla koirilla. Brakykefaaliset koirat joutuvat ylittämään hengitysteiden ilmavastusta ja sen takia uloshengitys on pikemminkin pakotettua kuin passiivista (Meola 2013). Näiden eläinten kurkunpää on todennäköisesti kroonisesti altistunut suuremmille paineen muutoksilla (Robinson 1992).

### 2.5.2 Tehtävät ja toiminta

Hengityselimistön tehtävänä on toimittaa happea soluille ja kudoksille sekä poistaa hiilidioksidia elimistöstä. Eläin käyttää tähän toimintoon vain vähän energiaa (Robinson 1992). Hengityseläimistöllä on myös tärkeä rooli kehon lämmönsäätelyssä sekä happo-emästasapainon säätelyssä levon ja liikunnan aikana (Millard 2014).



Ventilaatiossa ilma liikkuu keuhkoihin ja ulos (Millard 2014). Ilman siirtymiseen tarvitaan paine-eroja ja ilman virtaussuunta riippuukin ulkoisen ilmanpaineen ja alveolipaineen välisestä erosta. Keuhkojen vuorottainen laajeneminen ja supistuminen säätelevät alveolipainetta (Sand ym. 2014). Sisäänhengityksessä rintakehä laajenee. Sisäänhengityslihakset laajentavat rintakehää ja näistä tärkein lihas on pallea. Supistumisen aikana pallea litistyy, joka lisää rintaontelon tilavuutta. Pallean supistuminen aiheuttaa myös painetta vatsaonteloon. Samaan aikaan uloimmat kylkiväliihakset supistuvat ja nostavat kylkiluita ylöspäin leventäen rintakehää. Levossa uloshengitys tapahtuu passiivisesti ilman lihastyötä. Koirilla on kuitenkin uloshengityksessä myös aktiivinen komponentti (Sjaastad ym. 2010). Sisäänhengityslihakset veltostuvat ja vetävät samalla keuhkoja sekä rintakehää kokoon. Vatsaontelontalonpaine työntää myös palleaa ylöspäin. Nämä toiminnot yhdessä pienentävät keuhkojen tilavuutta, jolloin alveolipaine nousee. Alveolipaineen ylittäessä ulkoilmanpaineen, ilma pääsee virtaamaan alveoleista hengitysteiden kautta ulos (Sand ym. 2014). Hengityselimistön tehokas toiminta vaatii riittävän ilman kuljetuksen hengitysteiden kautta alveoleihin. Alveoleissa tapahtuu kaasujenvaihto. Veressä happi sitoutuu hemoglobiiniin, joka kuljettaa happea kudoksille. Riittävä sydämen teho ja verenkierron jakautuminen metaboliakudoksille ovat välttämättömiä kaasujen kuljetuksessa (Robinson 1992).

### 2.5.3 Hengityksen säätely rasituksessa

Harjoittelun ja rasituksen aikana ilmavirta nousee ja koira voi hengittää suun kautta ohittaakseen nenäontelon aiheuttaman vastuksen (Robinson 1992). Rasituksen aikana ventilaatiota on muutettava, jotta voidaan pysyä aineenvaihdunnan tarpeissa, mikä taas tarkoittaa ventilaation lisäämistä. Rasituksessa hapentarve lisääntyy ja keholla on tarve vapauttaa suurempia määriä hiilidioksidia (Millard 2014). Uloshengitys muuttuu aktiiviseksi hengityksen tihentyessä ja syventyessä. Kylkiluut painuvat alaspäin sisempien kylkivälilihasten supistuessa ja samanaikaisesti myös vatsaontelon paineen lisääntyessä, paine työntää palleaa nopeammin rintaonteloon päin. Aktiivisella lihastyöllä voidaan nopeuttaa rintaontelon tilavuuden pienentämistä. Uloshengityksen nopeutuessa hengitystiheyttä saadaan lisättyä

riittävästi suoritusta varten (Sand ym. 2014). Liikkumisen aikana ventilaatioon vaikuttaa monien lihasten supistuminen. Laukkaavan eläimen hengitys on synkronoitua askelluksen kanssa. Käynnissä ja ravissa ei kuitenkaan tapahdu samanlaista hengityksen ja askelluksen tahdistusta (Sjaastad ym. 2010). Ihmisillä ei juuri tapahdu samanlaista hengityksen ja liikkeen synkronaatiota (Poole ym. 2011).

## 2.6 Lämpötasapaino

Eläimen lämpöenergia on kaikkien molekyylien ja ionien kineettisten energioiden summa. Kehossa aikayksikköä kohti vapautuvaa lämpöenergiaa kutsutaan aineenvaihduntanopeudeksi (Sjaastad ym. 2010). Normaalit aineenvaihduntaprosessit kehossa tuottavat lämpöä (Millard 2014).

Kehon lämpötila ei ole jakautunut tasaisesti koirilla. Lämmön jakautuminen voidaan määritellä sisälämpötilaksi ja pinalämpötilaksi. Pinalämpötilan muodostavat iho ja ihonalainen rasvakudos. Kehon sisälämpötilan muodostavat rintakehän ja vatsaontelon elimet, keskushermosto sekä osa raajoista. Näillä kehon osilla on tasainen ja lähes vakiolämpötila. Lämmöntuotanto vaihtelee kuitenkin elinten välillä ja muuttuu eläimen aktiivisuuden mukaan (Sjaastad ym. 2010). Sydän- ja verenkiertojärjestelmä varmistaa lämmön tehokkaan jakautumisen ja siten tasaisen sisälämpötilan ylläpitämisen. Kehon sisälämpötila on tarkasti säädeltyä homeostaasin ylläpitämiseksi, pinalämpötila taas vaihtelee huomattavasti kehon eri osissa (Sjaastad ym. 2010). Lämpö liikkuu aina kuumemmasta kylmempään. Kun ympäristön lämpötila on viileämpi kuin ihon, eläimet haihduttavat lämpöä iholta. Lämpöä kuljetetaan verenkierron avulla kehosta ihon pintaan eli kehon pinnallista lämpötilaa säätelee ihossa virtaavan veren määrä (Sjaastad ym. 2010).

Koirat sekä ihmiset ovat tasalämpöisiä eli ruumiinlämpö pysyy suhteellisen vakiona ympäristön lämpötilasta riippumatta (Reece ym. 2015, Sand ym. 2014). Koiran normaali ruumiinlämpö on noin 37,5-39 astetta (Sjaastad ym. 2010). Ruumiinlämpöön vaikuttavat monet asiat, kuten liikunta, ympäristönlämpötila, veden juonti, ruuansulatus ja kellonaika. Koirien ruumiinlämpö on aamuisin alhaisempi kuin päivällä (Reece ym. 2015). Fyysinen rasitus

lisää kehon lämmöntuotantoa sekä lämpöhäviötä. Lämpöhäviö on kuitenkin alhaisempi kuin lämmöntuotanto ja näin ollen ruumiinlämpö nousee. Jonkin ajan kuluttua lämpöhäviö saavuttaa saman tason lämmön tuotannon kanssa ja ruumiinlämmön nousu loppuu, vaikkakin lämmön tuotanto on vielä koholla. Lämmöntuotanto loppuu fyysisen rasituksen loppuessa. Lämpöä kuitenkin haihdutetaan vielä normaalia enemmän kunnes ruumiinlämpö on tasaantunut (Sjaastad ym. 2010). Rasituksessa siis koirien ruumiinlämpö nousee. Kehon lämpötilan nousu vähentää hapen sitoutumista hemoglobiinin ja siten hapen vapautuminen kudoksiin kasvaa (Steiss ym. 2004).

## 2.6.1 Lämmönsäätely

Kehon lämmönsäätely on tärkeää normaaleiden toimintojen ylläpitämiseksi. Kehon lämpötila vaikuttaa aineenvaihduntareitteihin ja solurakenteisiin. Pitkäkestoinen tai liiallinen kehon lämpötilan nousu voi muuttaa elintärkeiden proteiinien muotoa ja johtaa jopa kuolemaan. Kehon lämpötilan lasku taas voi hidastaa aineenvaihduntareittejä ja vahingoittaa elintoimintoja (Millard 2014).

Kehon lämpötilan ylläpito on erittäin säädelty prosessi. Lämmönsäätelykeskus sijaitsee aivojen hypotalamuksessa. Se vastaanottaa tietoja perifeerisiltä lämpötilareseptoreilta ja tekee muutoksia kehossa joko lämmöntuotannon tai lämpöhäviön lisäämiseksi (Millard 2014). Levossa aineenvaihdunta on hidasta ja lämmöntuotanto suhteellisen vähäistä. Voimakkaassa liikunnassa lämmöntuotanto voi olla melko suurta. Keho on suhteellisen huono energian käytössä ja merkittävä osa työhön käytettävästä energiasta johtaa lämmöntuotantoon (Millard 2014). Lämmöntuotantoa voidaan nostaa nopeasti lihasten aktiivisuuden avulla. Kohtalaisessa rasituksessa suurin osa kehon lämmöntuotannosta tapahtuu lihaksissa, kun taas maksimaalisessa rasituksessa lihasten lämmöntuotanto voi olla jopa 20 kertaa korkeampi kuin levossa (Sjaastad ym. 2010).

Voimakkaan liikunnan aikana kehon tulee lisätä lämpöhäviötä, jotta kehon lämpötila ei nouse liian suureksi (Millard 2014). Lämpöhäviötä voi tapahtua säteilemällä, johtumisella, kuljetuksella ja haihtumalla. Säteilily on lämpöhäviötä infrapunasäteilyä. Lämpöä luovutetaan

säteilyssä ympäristöön enemmän kuin vastaanotetaan, kun elimistön lämpötila on ympäristön lämpötilaa korkeampi. Johtumisessa lämpöenergiaa siirtyy lämpimästä esineestä viileämpään esineeseen johon se on yhteydessä. Lämmön kuljetusta tapahtuu, kun ilman tai veden liikkeet saavat lämmön vaihtumaan kehon ja ympäristön välillä. Haihtuminen on lämmön menetystä, kun vesimolekyylit siirtyvät ihon pintaan, mistä ne haihtuvat (Sand ym. 2014). Ihmisillä ja hevosilla lämpöhäviötä tapahtuu ensisijaisesti haihtumalla, kun taas koirat ovat riippuvaisia läähätyksestä (Rovira ym. 2007b).

Koirilla on huonosti kehittyneet hikirauhaset, joilla ei juuri ole merkitystä lämmönsäätelyssä. Sen sijaan koirat haihduttavat lämpöä läähättämällä (Millard 2014). Läähätyksessä eläin ottaa nopeita ja kevyitä henkäyksiä, jonka aikana tapahtuu vain vähän hengityskaasujen vaihtoa. Läähätys edesauttaa veden haihtumista suusta ja hengitysteistä. Koiran läähättäessä sen hengitystiheys nousee 30 kerrasta minuutissa jopa 300–350 kertaan minuutissa (Sjaastad ym. 2010). Koirat eivät siis haihduta lämpöä samalla tavalla ihon kautta niin kuin ihmiset (Taylor ym. 1971). Rasituksen aikana verenkierto lisääntyy hengityselimissä, kielessä ja suun limakalvoilla. Lisäksi koiran syljen erityis lisääntyy. Verenkierrolla on korkea kapasiteetti lämmön varastoinnissa ja se on erittäin tehokas lämmön kuljetuksessa (Millard 2014). Young ym. (1959) totesivat tutkimuksessaan, että mitä suurempi rasituksen intensiteetti on, sitä enemmän koirien ruumiinlämpö nousi peräsuolesta mitattuna. Raskaassa harjoituksessa lämpöhäviötä tapahtuu noin 60 % hengitysteiden kautta ja 40 % lämmöstä menetetään säteilyn ja kuljetuksen avulla. On osoitettu, että kyky säätää kehon lämpötilaa on ensiarvoisen tärkeää harjoituksen ylläpitämiseksi (Young ym. 1959).

#### *2.6.1.1 Turkin vaikutus kehon pintalämpötilaan*

Lämpöä ei kulkeudu turkin läpi yhtä tehokkaasti verrattuna paljaaseen ihoon ja siksi se rajoittaa lämmönvaihtoa. Eläimet, joilla on paksu turkki, voivat säilyttää normaalin ruumiinlämmön vaikka ympäristön lämpötila olisi runsaasti pakkasen puolella (Sjaastad ym. 2010).

Known ym. (2019) tutkivat infrapunakameralla kuinka erilaiset turkit vaikuttavat koiran kehon pintalämpötilaan. Kehon pintalämpötilaa mitattiin erierotuisilta terveiltä koirilta, joilla oli

erilaiset turkit noin 20 asteen lämpötilassa. Tutkimukseen osallistui lyhytkarvaisia, kiharakarvaisia, pitkäkarvaisia sekä pohjavillallisia koiria. Lyhytkarvaisilla koirilla kehon pintalämpötila nousi korkeimmaksi, kun taas pitkäkarvaisilla sekä pohjavillaisilla pintalämpötila oli matalin. Kiharakarvaisilla koirilla kehon pintalämpötila asettui keskiväliin. Tuloksien mukaan eläimet, joilla on suurempi karva, vapauttavat lämpöä helpommin ja nopeammin kuin ne, joilla karva asettuu tasaisesti kehon pintaa vasten. Kiharakarvaisilla koirilla epäsymmetrinen kuvio voi paljastaa ihon osia verrattuna pitkäkarvaisiin koiriin. Tutkimuksessa kuitenkin todettiin, että kehon pintalämpötilalla ei ollut vaikutusta koirien ruumiinlämpöön peräsuolesta mitattuna (Known ym. 2019).

## 2.7 Lämmittely ennen harjoittelua

Lämmittely on määritelty olevan valmisteleva harjoittelu kilpailun tai myöhemmin tapahtuvan harjoituksen parantamiseksi (Fradkin ym. 2010). Lämmittelyssä ääreis- ja sentraalinen verenkierto lisääntyvät sekä kehon ja lihasten lämpötila nousevat (Stewart ym. 1998). Lämmittelyn tarkoituksena on parantaa lihasten dynamiikkaa siten, että lihas on vähemmän altis loukkaantumiselle sekä valmistaa urheilijaa tulevaan suoritukseen (Woods ym. 2007). Lämmittely voi olla passiivista tai aktiivista. Passiivisessa lämmittelyssä nostetaan lihaksen lämpötilaa ulkoisella tekijällä kuten kuumalla suihkulla tai saunalla. Aktiivinen lämmittely sisältää harjoituksia, jotka saavat aikaan enemmän metabolian lisääntymistä sekä sydän- ja verenkiertomuutoksia kuin passiivinen lämmittely (Bishop 2003). Aktiivinen lämmittely voi esimerkiksi sisältää sprinttejä, hyppyjä ja ketteryystehtäviä (Silva ym. 2018). Passiivinen lämmittely on siis vähemmän hyödyllistä, mutta kuitenkin parempaa kuin ei lämmittelyä lainkaan. Passiivisen lämmittelyn tekniikoita voidaan myös käyttää täydentämään tai ylläpitämään kehon lämpötilaa aktiivisen lämmittelyn ohessa (Safran ym. 1989).

Lämmittelyn intensiteetti ja kesto tulee sovittaa urheilijan yksilöllisten fyysisten ominaisuuksien mukaan. Paremmassa kunnossa olevat urheilijat tarvitsevat todennäköisesti pitkäkestoisemman ja voimakkaamman lämmittelyn saavuttaakseen optimaalisen kehon lämpötilan verrattuna vähemmän hyvässä kunnossa olevaan urheilijaan. Tulee myös muistaa,

että jos lämmittely on liian voimakasta, fyysinen suorituskyky voi heikentyä väsymyksen takia (Shellock ym. 1985).

Lämmittelyyn voidaan ottaa lisäksi venyttely (Hyoung-Kil ym. 2018). Kolme yleisintä venyttelymuotoa ovat dynaaminen venyttely, staattinen venyttely ja proprioseptinen neuromuskulaarinen fasilitaatio (PNF). Dynaamisessa venytyksessä käytetään nopeita ja palautuvia venytyksiä eri lihasryhmille. Staattisessa venytyksessä venytetään lihasta hitaasti ja jatkuvana. Asentoa pidetään noin 20 sekunnin ajan. PNF -tekniikka sisältää kolme eri vaihetta: staattisen venytyksen, jota seuraa supistuminen ja rentoutuminen ja lopuksi vielä staattinen venytys. Viimeisessä venytyksessä venyy vastakkainen lihasryhmä (Amako ym. 2003). Dynaaminen venyttely on tehokas liikunnan suorituskyvyn ja joustavuuden ylläpitoon ja parantamiseen sekä loukkaantumisten ehkäisyyn. Dynaaminen venyttely sisältää samankaltaisia liikkeitä kuin tuleva liikunnallinen harjoitus (Hyoung-Kil ym. 2018). Staattisen venyttelyn vaikutuksesta urheilusuoritukseen on kiistelty. Osa tutkimuksista viittaa staattisen venyttelyn vähentävän loukkaantumisia, mutta osa taas ei ole löytänyt vaikutusta vammojen ehkäisyyn (Behm ym. 2004). Fowles ym. (2000) tulokset viittaavat siihen, että staattinen venyttely voi vähentää tulevan harjoituksen suorituskyvyn voimaa ja tehoa. Staattinen venytys vähentää myös neuromuskulaarisia refleksejä ja voimantuotantoa (Avela ym. 1999). Vettera (2007) vertasivat kuuden eri lämmittelytekniikan vaikutusta 30 metrin sprintteihin sekä pystysuoran hypyn korkeuteen. Staattista venyttelyä sisältävä lämmittely vaikutti negatiivisesti hypyn korkeuteen, mutta ei kuitenkaan 30 metrin sprintin aikaan.

### 2.7.1 Lämmittelyn rakenne

Lämmittelyn rakennetta suunniteltaessa tulee ottaa huomioon harjoituksen suorittajan fyysiset ominaisuudet sekä ympäristöolosuhteet. Lyhytaikaisen harjoituksen maksimoimiseksi lämmittelyä tulisi tehdä tarpeeksi kauan, jotta lihakset lämpenevät. Tärkeää on kuitenkin välttää väsymystä. On muistettava, että erilaisilla lämmittelyrutiineilla voidaan saada aikaan samanlaisia tuloksia, joissa huomioidaan lämmittelyn voimakkuus, kesto ja palautuminen. Passiivisen lämmittelyn tekniikat ovat hyvä lisäys harjoitukseen. On tärkeä lämmitellä passiivisesti, jos halutaan ylläpitää lihasten lämpötilaa ja varsinkin, jos lämmittelyn ja harjoituksen välissä on viivettä tai ympäristön lämpötila on kylmä (Bishop 2003). Vaatteilla

voidaan ylläpitää lihasten lämpötilaa lämmittelyn ja harjoituksen välisenä aikana ympäristön lämpötilan ollessa kylmä (Silva ym 2018).

Lämmittelyn alkaessa lihasten lämpötila nousee ensimmäisten 3–5 minuutin aikana ja saavuttaa suhteellisen tasaisen lämpötilan 10–20 minuutin kuluttua. Lämmittely tulisi suorittaa alle 60 %:lla maksimaalisesta hapenottokyvystä 10–20 minuutin ajan, jotta se parantaisi suorituskykyä lyhytaikaisessa harjoituksessa ja saavuttaisi näin maksimaalisen lihasten lämpenemisen (Bishop 2003). Tsurubami ym. (2020) suosittelevat suuritehoista (80 % maksimaalisesta hapenottokyvystä) lämmittelyä, jos urheilija pystyy pitämään 10 minuutin tauon lämmittelyn ja harjoituksen välissä. Jos harjoitus taas tapahtuu heti lämmittelyn jälkeen, lämmittely kannattaa tehdä kohtalaisella (60 % maksimaalisesta hapenottokyvystä) voimakkuudella. Suhteellisen korkea lämmittelyintensiteetti on tarpeen sopivan lihasten lämpötilan saavuttamiseksi ja sydämen sykkeen sopivalla harjoittelutasolla ylläpitämiseksi, kun halutaan ylläpitää hypyn suorituskykyä lämmittely jälkeen (Tsurubami ym. 2020).

### 2.7.2 Lämmittelyn vaikutus elimistöön

Lämmittelyyn liittyy monia elintoimintoja, jotka johtavat fyysisen suorituskyvyn parantumiseen sekä vähentävät urheiluvammojen todennäköisyyttä. Suurin osa näistä fysiologisista mekanismeista ovat riippuvaisia kehon lämpötilasta (Shellock ym. 1985). Kehon lämpötilan nousu tuottaa nopeamman ja täydellisemmän hapen vapautumisen hemoglobiinista ja myös hapen vapautuminen myoglobiinista lisääntyy (Shellock ym. 1985). Korkeammat lämpötilat lisäävät hermoston toimintaa lisäämällä hermoreseptoreiden herkkyyttä ja hermoimpulssien nopeutta. Aktivoitunut hermosto parantaa suoritusta, joka vaatii monimutkaisia kehon liikkeitä. Nopeat hermoston signaalit monimutkaisten liikkeiden hallitsemiseksi ovat tärkeitä suorituksissa, joissa kehon osat liikkuvat nopeasti (Shellock ym. 1985).

Lihasten lämpötilan nousu tapahtuu nopeasti 5–10 minuuttia harjoituksen aloittamisesta, mutta kehon lämpötila nousee vähitellen 30 minuutin aikana (Stewart ym. 1998). Lihasten supistumisen tiedetään nostavan lihasten lämpötilaa lisäämällä lihaksensisäistä verenkiertoa (Safran ym. 1988). Lihaksen lämpötilan kohoaminen normaalin ruumiinlämpötilan yläpuolelle

nostaa lihaksen supistumisen nopeutta sekä voimakkuutta (Shellock ym. 1985). Lihaksen supistumisesta aiheutuva lihaksen lämmön kohoaminen kestää jopa puoli tuntia (Safran ym. 1988). Safran ym. (1988) totesivat tutkimuksessaan, että lihasten yhden asteen lämpötilan nousu lisää myös lihaksen elastisuutta. Kehon lämpötilan nousu aiheuttaa verisuonten laajenemista, joka puolestaan parantaa tiettyjen alueiden verenkiertoa. Lämmittely riittävällä intensiteetillä kasvattaa siis verenkierron virtausta aktiivisille lihaksille. Verisuonten laajeneminen lämpötilan kohotessa parantaa myös tarvittavien aineiden toimitusta lihaksiin sekä aineenvaihduntatuotteiden kuten laktaatin poistoa työskentelevistä lihaksista (Shellock ym. 1985, Stewart ym. 1998). Lämmittelyn tulisi lisätä nivelten liikkuvuutta, nostaa lihasten lämpötilaa sekä lisätä lihasten supistumisen tehokkuutta (Safran ym. 1988). Ihmisillä lämmittelyssä tapahtuva lihaksen lämpötilan nousu vähentää lihasten ja nivelten jäykkyyttä, lisää hermoimpulssien siirtymistä, muuttaa voima-nopeus suhdetta, lisää glykogenolyysia sekä glykolyysia ja korkea-energistä fosfaatin hajoamista (Bishop 2003).

Bishop (2003) toteaa, että 3–5 minuutin lämmittely kohtalaisella intensiteetillä todennäköisesti parantaa merkittävästi lyhytaikaista suoritusta. Tämä parannus näyttää johtuvan suurelta osin lihaksen lämpötilan kasvusta. Aktiivinen lämmittely ei näytä parantavan lyhytaikaista suoritusta, jos lämmittely tehdään alhaisella intensiteetillä, se aiheuttaa lihaksen väsymystä tai se ei salli riittävää palautumista ennen suoritusta (David Bishop 2003). Liian voimakas lämmittely on määritelty tapahtuvan 80 %:a maksimaalisesta hapenottokyvystä. Miksi suorituskky ei parane liian voimakkaan lämmittelyn jälkeen? Merkittävästi heikentynyt suorituskky lyhytkestoisessa harjoituksessa voimakkaan lämmittelyn jälkeen on ajateltu johtuvan lihasten glykogeenivarastojen vähentymisestä sekä laktaatin kertymisestä lihakseen lämmittelyn aikana (Stewart 1998 ym.). Liian voimakas lämmittely aiheuttaa mahdollisesti lihasten väsymistä ja vaikuttaa negatiivisesti lihasten supistumiseen sekä heikentää niiden voimantuotantoa heikentäen näin räjähtävää suorituskkyä (Drenne ym. 2010). Kuitenkin harjoituksen tehoa saadaan nostettua voimakkaan lämmittelyn jälkeen, jos lämmittelyn ja harjoituksen välissä pidetään 5–6 minuutin tauko (Gray ym. 2001).



### 2.7.3 Lajityypillinen lämmittely

Yksi lämmittelyn tavoitteista on maksimoida suorituskykyä ja silloin harjoitusten on oltava lajille tyypillisiä tehtäviä (Thompsen ym. 2007). Lajityypillisen lämmittelyn tehtävänä on herättää hermostoa sekä hermo-lihasliitoksia tulevaa suoritusta varten (Shellock ym. 1985). Shellock ym. (1985) toteavat, että mikä tahansa harjoitus, johon liittyy samankaltaisia liikkeitä kuin tuleva urheilusuoritus, mutta alhaisemmalla voimakkuudella, voidaan luokitella lajityypilliseksi lämmittelyksi. Lajityypillinen lämmittely ei vain keskity nostamaan kehon eri osien lämpötilaa vaan sisältää harjoituksia urheilusuoritusta varten. Lajityypillinen lämmittely on erittäin hyödyllinen urheilusuorituksia varten, joissa tarvitaan erityisiä taitoja sekä koordinaatiokykyä. Lämmittelyharjoitus yksinään voi auttaa parantamaan suorituksen aktiivisuutta (Shellock ym. 1985). Lajityypillinen lämmittely 60–70 %:lla maksimaalisesta hapenotosta nostaa sykettä, kehon lämpötilaa sekä anaerobista kapasiteettia (Stewart ym. 1998).

Andrade ym. (2015) tutkivat eri lämmittelytekniikoiden vaikutuksia lihasten suorituskykyyn. Yleinen lämmittely sisälsi juoksua sekä venyttelyä, lajityypillinen lämmittely sisälsi hyppyjä ja yhdistetty lämmittely sisälsi juoksua, venyttelyä sekä hyppyjä. Nämä tekniikat vaikuttivat merkittävästi samankeskeisten ja hitaiden venytys-supistus lihasten suorituskykyyn. Lajityypillinen lämmittely oli ainoa, joka vaikutti merkittävästi nopeiden venytys-supistus lihasten lisääntyneeseen suorituskykyyn ja tämä parannus saavutettiin hyvin pienellä lihasaktiivisuudella. Tämä voidaan selittää sillä, että vain korkean intensiteetin lihasten aktiivisuus lisäsi lihasten voimaa ja paransi lihasten supistumiskykyä (Andrade ym. 2015).

Tsurubami ym. (2020) tutkivat eri intensiteetillä tehtyjen lämmittelyhyppyjen vaikutusta suoritukseen. Lihasten lämpötila nousi merkittävästi lämmittelyn jälkeen, kun hypyt tehtiin 80 % ja 60 % maksimaalisella hapenottokyvyn intensiteetillä. Lihasten lämpötilan ylläpito pysyi 20 minuutin ajan. Lämmittelyhyppyjen jälkeen tehtyjen tasajalkahyppyjen korkeus lisääntyi huomattavasti.

## 2.7.4 Lämmittelyn vaikutus vammojen ehkäisyyn

### 2.7.4.1 Lihasvammat

Amako ym. (2003) määrittelevät ihmisillä tehdyssä tutkimuksessa vamman liikuntaan liittyvänä tapahtumana, joka vaatii lääkärissä käyntiä. He myös luokittelevat vammat kuuteen ryhmään loukkaantuneen kudoksen mukaan: luuvaurio, lihas/jännevaurio, nivelsidevaurio, nivelvaurio, selkäydinvaurio ja muut vauriot. Luuvaurioihin kuuluvat murtumat sekä luukalvontulehdus, lihas/jännevauriot koostuvat revähdyksistä ja tulehduksista, nivelsidevaurio revähdyksestä, nivelvauriot nivelkierukan vammoista, repeämistä ja muista nivelvammoista (Amako ym. 2003).

Lihasvammat voivat olla ruhjeen, rasituksen tai repeämän aiheuttamia. Lihaksen ruhjevaurio tapahtuu, kun lihakseen kohdistuu äkillinen raskas puristusvoima kuten suora isku lihakseen. Tämä lihastrauma tapahtuu tyypillisesti kontaktilajeissa. Sprintti- ja hyppylajeissa lihastraumat ovat rasitukseen liittyviä. Rasitusvammoissa lihakseen kohdistuva liiallinen vetovoima aiheuttaa myofibrillien ylikuormituksen ja mahdollisen repeämän (Järvinen ym. 2005). Lihaksen loukkaantumiseen liittyviä tekijöitä ovat riittämätön tai olematon lämmittely, virheellinen tai vähäinen venyttely, lihaksen kireys, lihaksen heikkous, lihakseen kohdistuvan voiman epätasapaino, huono kunto, yleinen väsymys, paikallinen lihasväsymys, lihaksen puutteellinen parantuminen edellisestä vammasta, lihaksen liiallinen jäähtyminen ja riittämätön lihaksen pituus (Safran ym. 1989). Huono kunto johtaa ennenaikaiseen lihaksen väsymiseen, mikä voi taas johtaa huonoon tekniikkaan suorituksen aikana. Lihasväsymisen on todettu olevan merkittävä tekijä lihasvammojen synnyssä. Väsymyksessä lihas toimii edelleen, mutta epäedullisesti. Hidas ja epätäydellinen rentoutuminen aiheuttavat elastisuuden vähenemistä. Elastisuuden väheneminen ja heikentynyt lihas vaikuttavat negatiivisesti lihaksen kykyyn vastaanottaa iskuenergiaa. Tämä tekee urheilijan alttiimmaksi vammoille, kun energia ylittää lihasten elastisten komponenttien iskunvaimennuskyvyn. Ylimääräinen energia haihtuu lihakseen, jänteisiin tai luuhun aiheuttaen yleensä pehmytkudosten repeämän. Lihasten heikkous aikaisempien vammojen takia altistaa toistuvalla loukkaantumiselle, koska arpikudos ei ole yhtä vahva tai joustava kuin muut lihaksen komponentit. Liiallisessa lihaksen

jäähtymisessä menetetään lihaksen venyvyyttä, mikä tekee lihaksesta jäykän ja tiukan (Safran ym. 1989).

Koirilla lihasvenähdykset ovat todennäköisesti alidiagnosoituja, sillä koirat eivät pysty kertomaan lievästä lihaskivuista. Lievän venähdyksen diagnosoiminen on erittäin hankalaa koiralla. Lievässä venähdyksessä ei havaita fyysisiä löydöksiä, kun taas vakavammassa venähdyksessä voi esiintyä mustelmia, turvotusta sekä kosketusarkuutta. Koirien lihasvammojen ehkäisyssä tulee huolehtia riittävästä lämmittelystä, palautumisesta sekä välttää liiallisia toistoja. Jos omistajat ja ohjaajat osaisivat tunnustella koiransa lihakset rutiininomaisesti, vammojen ajoissa havaitseminen voisi parantua (Steiss 2002). Koiran ylikuormitusta on myös tärkeä välttää vammojen ennaltaehkäisyssä. Harjoitukset, jotka vaativat voimaa ja nopeutta tulee pitää lyhytkestoisena. Ohjaajien on hyvä tunnistaa koiransa ontuminen, kipu tai väsymys ja antaa mahdollisuus lepoon (Marcellin-Little ym. 2005).

#### *2.7.4.2 Lämmittelyn vaikutus vammojen ehkäisyyn*

Lämmittelyn tuottama kudoksen lämpötilan nousu näyttää vähentävän tuki- ja liikuntaelimistöön liittyviä vammoja ihmisillä (Shellock ym. 1985). Lämpötilan noustessa lihasten viskositeetti laskee ja tekee supistumisesta tasaisemman (Safran ym. 1989). Lihasten juostavuus riippuu veren happisaturaatiosta ja lämpimissä lihaksissa veren happisaturaatio on korkeampi. Kylmät lihakset joilla on matala veren happisaturaatio ovat alttiimpia loukkaantumisille ja vaurioille. Kudosten lämpötilan nousu parantaa nivelten liikkuvuutta lisäämällä jänteiden, nivelsiteiden ja muiden sidekudosten venyvyyttä. Tämä on erittäin tärkeää urheilijoille, jotka tarvitsevat tietyn asteista nivelten liikkuvuutta urheilusuorituksessaan (Shellock ym. 1985).

## 2.8 Palautuminen

Palautuminen lämmittelyn jälkeen ennen harjoitusta vaikuttaa todennäköisesti myös suorituskyykyyn. Lyhytaikainen palautuminen lämmittelyn ja harjoituksen välissä voi parantaa suorituskyykyä, sillä lihasten energiavarastot pääsevät palautumaan. Tutkimusten mukaan

energiavarastot palautuvat noin viiden minuutin aikana rasituksen jälkeen. Riippuen lämmittelyn voimakkuudesta ja kestosta sekä ympäristön lämpötilasta, lihasten lämpötila alkaa laskemaan huomattavasti 15–20 minuutin aikana. Näiden syiden takia palautumisen kesto lämmittelyn ja harjoituksen välissä tulisi olla yli viisi minuuttia ja alle 15–20 minuuttia (Bishop 2003).

Harjoituksesta palautuminen voi myös tarkoittaa aikaväliä harjoituksen päättymisestä kehon palautumiseen lepotilaan. Palautuminen harjoituksesta voi kestää minuuteista viikkoihin riippuen mitä fysiologista osa-aluetta tarkastellaan (Luttrell ym. 2015). Koirille tehtiin tutkimus 100 metrin juoksumatkalla. Siinä todettiin, että koirien syke laskee merkittävästi jo viiden minuutin sisällä harjoituksen loputtua. Syke laskee harjoitusta edeltäviin arvoihin 10 minuuttia harjoituksen jälkeen, mikä viittaa koiran asianmukaiseen palautumiseen harjoituksen jälkeen. Veren laktaattipitoisuudet laskevat harjoitusta edeltäviin arvoihin vasta noin 30 minuutin kuluessa harjoituksen jälkeen (Pellegrino ym. 2018). Kun taas Rovira ym. (2007a) tutkimuksessa koirien veren laktaattipitoisuudet laskivat jo 15 minuutin kuluttua. Hyväkuntoisen koiran palautuminen on nopeampaa ja voi siten selittää kyseisen eron (Rovira ym. 2007a). Voimakkaat harjoitukset ja rasitukset aiheuttavat koiran kehossa stressireaktiota. Toistuva epätäydellinen palautuminen harjoituksesta voi olla haitallista (Seiler ym. 2007).

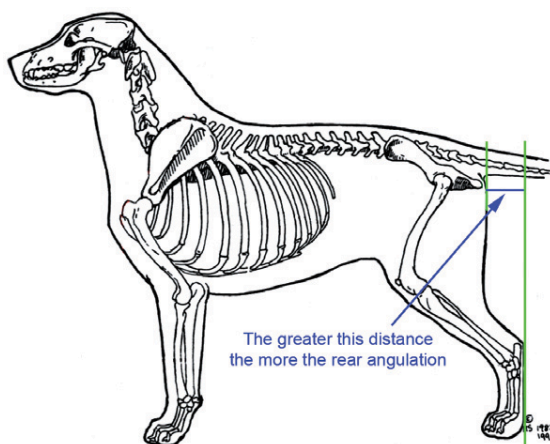
### 3 POHDINTA

Agilityn kasvava suosio on lisännyt koiran loukkaantumisriskiä agilitykilpailuissa. Riskiä lisää myös se, että radoista on tullut haastavampia ja koirien urheilulliset vaatimukset ovat kasvaneet (Levy ym. 2009). Loukkaantumisriskin kasvaessa mielestäni vammojen ennaltaehkäisyyn on kiinnitettävä enemmän huomiota. Steiss (2002) toteaa, että koirilla lihasvammat ovat alidiagnosoituja. Mielestäni tämäkin korostaa ennaltaehkäisyn tärkeyttä. Agilitykoiran lämmittely voisi ennaltaehkäistä loukkaantumisia.

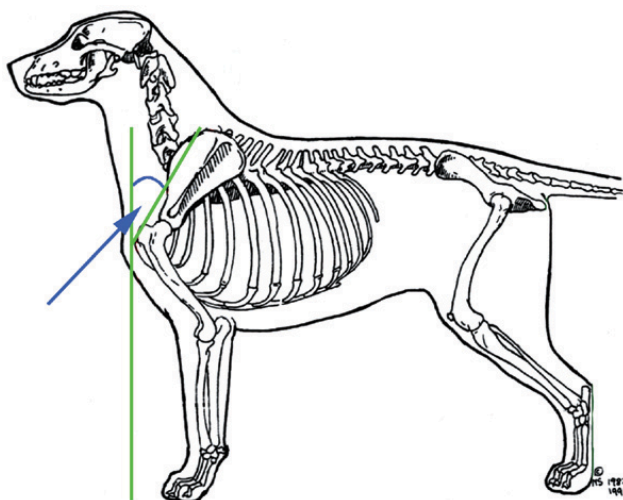
Agilityssä koirat joutuvat suorittamaan tehtäviä, jotka sisältävät hyppäämistä, pujottelua, tiukkoja käännöksiä, kiipeilyä kapeilla rampeilla sekä liikkumista suurella nopeudella erilaisten tasojen päällä (Cullen ym. 2013). Rata koostuu suurimmalta osin hyppyesteistä (Söhnel ym. 2020). Hyppääminen vaatii eturaajojen lihaksilta korkeaa aktivointitasoa ja hypyltä laskeutuessa agilitykoiran etujalkoihin kohdistuu 4,5 ruumiinpainoa vastaava voima (Cullen ym. 2017, Pfau ym. 2011). Tähän etujalkoja kohdistuvaan voimaan vaikuttavat koiran laskeutumiskulma sekä nopeus. Mitä korkeamman hypyn koira hyppää, sitä suuremmassa kulmassa se laskeutuu hypyltä. Suurempi laskeutumiskulma aiheuttaa suuremmat etujalkoihin kohdistuvat voimat. Koiran tuki- ja liikuntaelimistön rakenteet joutuvat kestämään näitä voimia toistuvasti ja se saattaa lisätä agilitykoirien loukkaantumisriskiä (Pfau ym. 2011). Koiran säkäkorkeus määrittää koiran hyppyesteiden korkeuden. Hypyn korkeuden kasvu lisää olkanivelen taivutusta ja tämä saattaa aiheuttaa liiallista rasitusta koirille, jotka joutuvat hyppäämään korkeita hyppyjä suhteessa säkäkorkeuteensa (Birch ym. 2013). Hypyn korkeuden kasvaessa koirat muuttavat hyppytekniikkaansa sekä koirien hyppynopeus vähenee merkittävästi. Lentonopeus ja hyppynopeus voivat toimia ennaltaehkäisevinä tekijöinä vammojen esiintymisessä (Birch ym. 2016). Suomessa on vuonna 2018 agilitykilpailuissa otettu käyttöön viisi eri kokoluokkaa (Suomen agilityliitto 2017). Tämä uudistus mahdollisesti vähentää hypyn laskeutumiskulmaa sekä olkanivelen taivutusta koirilla, joiden säkäkorkeus on pienempi suhteessa hyppykorkeuteen. Hypyn korkeuden madaltuminen kasvattaa kuitenkin koiran nopeutta radalla ja tämä lisää mahdollisesti loukkaantumisen riskiä. Kumpi on suurempi riski koiralle, nopeus vai korkeampi hyppy? Tutkimusta siitä ei juuri ole.

Koska agility aiheuttaa fyysisiä vaatimuksia koiran tuki- ja liikuntaelimistölle, ohjaajan on hyvä ymmärtää, miten koira käyttää ruumiinrakenteita tietyn tehtävän suorittamiseen. Tähän tuo haastetta rakenteen vaihtelut eri rotujen välillä (Zink 2013). Zink (2013) mukaan on olemassa tapa, jolla voidaan arvioida koiran tuki- ja liikuntaelimistön kokemaa rasitusta. Koiran paino paunoissa jaetaan koiran säkäkorkeudella tuumissa. Näin saadaan arvo, jota voidaan hyödyntää arvioidessa paljonko kuormitusta aiheutuu koiran tuki- ja liikuntaelimistölle juoksun, hyppäämisen ja kääntymisen aikana. Koirien, joiden paino/säkä suhde on yli 2,5 tulisi pääsääntöisesti harjoitella luistamattomilla pinnoilla ja välttää täyskorkeiden hyppyesteiden hyppytystä jatkuvasti. Näin voidaan vähentää toistuvaa koiran tuki- ja liikuntaelimistöön kohdistuvaa rasitusta (Zink 2013).

Eri koirarotujen ja yksilöiden välillä voi olla huomattavaa rakenteen vaihtelua. Ilmeisin ero takaraajojen rakenteissa on takakulmaus (Kuva 6). Mitä pidempi etäisyys lantion istuinluusta on kintereestä vedettyyn viivaan, sitä enemmän koiralla on takakulmausta (Zink 2013). Koirat, joilla on suurempi takakulmaus, pystyvät ottamaan pidempiä askelia ja kuluttavat siten vähemmän energiaa. Suurempi takakulmaus voi kuitenkin aiheuttaa lantion epävakautta. Tämä vaatii enemmän lihasvoimaa ja koordinaatiota lantion vakauttamiseksi (Zink 2013). Tähän tietoon perustuen kohtalainen takakulmaus olisi optimaalinen agilitykoirille.



**Kuva 6.** Koiran takakulmaus. (Marcia Schlehr, kirjasta Canine Sports Medicine and Rehabilitation).



**Kuva 7.** Koiran lapaluun kulmaus. (Marcia Schlehr, kirjasta Canine Sports Medicine and Rehabilitation).

Koiran etuosan kulmauksissa otetaan huomioon lapaluun pystysuora kulma ja olkaluun pituus. Ideaali kulma olisi noin 30 astetta (kuva 7). Koirat, joilla on suurempi lapaluunkulmaus, pystyvät ottamaan pidempiä askelia ja kuluttamaan siten vähemmän energiaa (Zink 2013). Zink (2013) toteaa, että näillä koirilla on taipumus kehittää enemmän lihaksia. Hyvin kulmautunut lapaluu koukistuu paremmin ja pystyy siten vaimentamaan olkaniveleen kohdistuvia iskuja hypyltä laskeutuessa (Zink 2013).

Häntä antaa vastapainoa koiran kääntyessä juoksuliikkeen aikana. Se auttaa myös nostamaan koiran takapäästä hyppäämisen aikana. Hännän pituus vaikuttaa hännän kulmaan käännöksissä sekä koiran kehon sivusuuntaiseen kiertymiseen (Zink 2013). Zink (2013) toteaa kuitenkin, että hännän potentiaalia fyysisiin vaikutuksiin ei täysin tunneta.

Levy ym. (2009) tekivät kyselytutkimuksen agilitykoirien ohjaajille liittyen koirien loukkaantumiseen agilityradalla. Tuloksena he saivat, että pehmytkudosvammat, mukaan lukien venähdykset, revähdykset ja mustelmat, olivat yleisin loukkaantumistyyppi. Samanlaisia tuloksia saivat myös Sellon ym. (2018). Yleisimmin loukkaantuivat koiran selkä ja olkapää. Eniten tutkimukseen osallistuvat koirat olivat vammautuneet A-esteellä, puomilla ja hypyillä. Juuri nämä esteet aiheuttavat useimmiten vammoja koirien selkään sekä olkapäähän (Levy ym. 2009). Sherlock ym. (1985) toteaa lämmittelyn tuottaman kudoksen lämpötilan nousun vähentävän tuki- ja liikuntaelimistöön liittyviä vammoja ihmisillä. Koska lihasten

lämpötilan noustessa lihasten supistuminen on tasaisempaa ja lihakset ovat joustavampia (Safran ym. 1989). Tähän tietoon perustuen voidaan olettaa, että lämmittely vähentää lihaksen repeytymisen riskiä myös koirilla.

Cullen ym. (2013) tutkimuksen ensisijaisena tarkoituksena oli tunnistaa agilityyn liittyvät riskitekijät. Tämän tutkimuksen tuloksena roduista bordercollie altistuu eniten loukkaantumisille. Saman tuloksen tutkimuksissaan saivat myös Levy ym. (2009) sekä Sellon ym. (2018). Tämä voi johtua siitä, että bordercollie -rotu tunnetaan urheilullisesta kestävydestä ja halusta suorittaa tehtäviä. Ohjaajat pystyvät näin harjoittelemaan bordercollien kanssa enemmän kuin muiden rotujen kanssa. Toinen mahdollinen selitys suuremmalle loukkaantumisriskille on bordercollien suuri nopeus sekä räjähtävän nopeat suunnanvaihdot agilityradalla (Cullen ym. 2013). Lisäksi Cullen ym. (2013) havaitsivat, että loukkaantumisen todennäköisyys kasvaa koirilla, joilla on vähemmän agilitykokemusta. Vaihtoehtoisten terapeuttisten hoitojen käyttö agilitykoirilla ennaltaehkäisevänä toimenpiteenä lisäsi merkittävästi loukkaantumisriskiä. Voi olla, että nämä hoidot toteutettiin koirille, jotka olivat jo aikaisemmin loukkaantuneet. Ohjaajat, joiden koira on loukkaantunut aikaisemmin, osaavat ennakoida paremmin koiran terveyden tilaa ja ovat yleensä tietoisempia loukkaantumisen riskeistä (Cullen ym. 2013). Cullen ym. (2013) eivät löytäneet tutkimuksessaan lämmittelyn ja loukkaantumisen yhteyttä koiran lämmittelyssä ennen harjoittelua. Tutkimuksessa he eivät olleet kuitenkaan määritelleet lämmittelyn laatua. Kysely ei sisältänyt tietoa, sisälsikö lämmittely lajityyppillisiä harjoitteita ja kauanko sitä tehtiin. Lihasten lämpötilan nousu vaatii kuitenkin jopa 10-20 minuutin lämmittelyn (Bishop 2003).

Ihmisillä on myös saatu tuloksia, joissa lämmittely ei ole juuri vähentänyt loukkaantumisten määrää juoksuharjoituksissa. Van Mechelen ym. (1993) eivät huomanneet lämmittelyn ehkäisevän loukkaantumista, mutta heidän tutkimuksessaan lämmittely sisälsi paljon staattista venyttelyä lihasten lämpötilan nostamisen sijaan. Staattisen venyttelyn on tutkittu vähentävän voimantuotantoa ja vaikuttavan negatiivisesti hypyn korkeuteen (Avela ym. 1999, Vettera 2007).

Koirilla ei ole tehty tutkimuksia lämmittelystä tai sen vaikutuksista agilitysuoritukseen. Luustolihasten koostumus ja supistuminen sekä lämmönsäätely ovat samanlaisia koiralla ja



ihmisellä (Sand ym 2014, Sjaastad ym. 2010). Tähän tietoon ja tutkimuksiin perustuen, voidaan mielestäni soveltaa ihmisillä tehtyä tutkimusta myös koiriin lihasten lämmittelystä. Lämmittelyssä halutaan nostaa koiran kehon ruumiinlämpöä ja siten myös lihasten lämpötilaa. Nostamalla koiran lihasten lämpötilaa voidaan oletettavasti edistää koirien tulevaa agilitysuoritusta, koska myös ihmisillä lihasten lämpötilan nousun on todettu edistävän hyppysuoritusta (Tsurubami ym. 2020). Lämmittelyssä tapahtuva kehon lämpötilan nousu lisää hermoston toimintaa nopeuttamalla hermoimpulssien kulkua (Shellock ym. 1985). Hermoston aktivaatio lisää koiran reaktionopeutta sekä ketteryyttä agilityradalla. Lämpötilan nousu laajentaa myös verisuonia, joka parantaa lihasten verenkiertoa ja sitä kautta lihasten aineenvaihduntaa (Shellock ym. 1985). Lisäksi hapen sitoutuminen hemoglobiiniin vähenee ja siten hapen vapautuminen kudoksiin kasvaa (Steiss ym. 2004). Nämä lisäävät lihaksen supistumisen nopeutta, voiman tuotantoa sekä nivelten liikkuvuutta (Shellock ym. 1985, Safran ym 1988). Tutkimusten mukaan hyppyjä sisältävä lämmittely ihmisillä lisäsi harjoituksessa tapahtuvien hyppyjen korkeutta (Tsurubami ym. 2020). Agilitykoiralle lämmittelyhyppyt voisivat siis parantaa radalla hyppysuoritusta ja siten kokonaisuudessa parantaa agilitysuoritusta.

Lämmittelyssä herätellään myös hermostoa sekä verenkiertoelimistöä tulevaa harjoitusta varten (Shellock ym. 1985). Lämmittelyn aiheuttama sympaattisen hermoston aktivointi lisää sydämen sykettä ja supistumisvoimaa. Tällä tavalla lisätään verenkiertoa luustolihasille (Millard 2014). Lämmittelyn aiheuttama rasitus aiheuttaa myös koirilla pernan supistumista. Samanlaista pernan supistumista ei tapahdu ihmisillä. Pernan supistuminen lisää punasolujen määrää, jolloin hapen määrää verenkierrossa lisääntyy (Dane ym. 2006, Rovira ym. 2007b). Tämä pernan supistumisen aiheuttama lisääntynyt verenkierto ja sen tuoma happi lihassoluille ei tarkoita, että lämmittely olisi tarpeetonta. Pernan supistuminen lämmittelyn aikana auttaa koiran lihaksia toimimaan paremmin itse agilitysuorituksessa. Rasituksen aikana myös hapentarve lisääntyy ja hermoston aktivaatio tehostaakin myös ventilaatiota (Millard 2014, Sand ym. 2014).

Agilityharrastuskokemukseni, kirjallisuuden sekä eläinlääkärikoulutuksen perusteella voin pohtia minkälainen lämmittelyharjoittelu olisi sopiva agilityä harrastavalle koiralle. Agilitykoiralle sopiva alkulämmittely koostuisi 15-20 minuuttia kestävästä lenkistä. Siinä

ajassa koiran lihakset saavuttavat suhteellisen tasaisen lämpötilan (Bishop 2003). Lenkin aikana koiran olisi hyvä kävellä sekä ravata, jotta koiran lihakset sekä keho lämpenevät. Lenkin jälkeen koiran kanssa voidaan tehdä agilitysuoritusta varten lajityypillisiä harjoituksia kuten hyppyjä, käännöksiä sekä spurtteja. Lajityypilliset harjoitukset ovat erittäin hyödyllisiä parantamaan koiran koordinaatiokykyä agilityradalla. Nämä harjoitukset tulee kuitenkin suorittaa tarpeeksi alhaisella intensiteetillä, jotta suorituskyky ei huonone (Bishop 2003). Lämmittelyn ja agilityharjoituksen välissä voidaan pitää muutaman minuutin tauko. Jos lämmittely on ollut erityisen voimakasta, voidaan lämmittelyn jälkeen pitää 5-10 minuutin tauko ennen itse agilityharjoitusta. Ohjaajan on hyvä tunnistaa koiransa väsymyksen merkit. Liian voimakas lämmittely voi aiheuttaa väsymystä, joka vaikuttaa negatiivisesti lihasten supistumiseen ja huonontaa suorituskykyä (Drenne ym. 2010, Sherlock ym. 1985). Väsyneen koiran ylikuormitus sekä liialliset toistot voivat myös aiheuttaa lihasvammoja (Marcellin-Little ym. 2005, Steiss 2002). Ohjaajan on siis tärkeää tuntea koiransa uupumuksen merkit, jotta harjoitus voidaan lopettaa ajoissa ja antaa koiralle mahdollisuus lepoon. Staattisen venyttelyn vaikutuksista on ristiriitaisia tutkimustuloksia. Kuitenkin Vettera (2007) toteaa, että staattinen venyttely heikensi hyppyyden korkeutta ihmisillä. Tämän tuloksen perusteella en suosittele staattista venyttelyä ennen agilitysuoritusta, koska radat koostuvat suurilta osin hypyistä.

Tarvitseeko paksuturkkisia koiria lämmitellä ennen agilitysuoritusta? Know ym. (2019) tekemän tutkimuksen mukaan koiran turkki vaikuttaa kehon pintalämpötilaan. Pitkäkarvaisilla ja pohjavillalaisilla koirilla turkki eristi ympäristön lämpöä parhaiten. He totesivat tutkimuksessaan kuitenkin, että koiran kehon pintalämpötilalla ei ole vaikutusta koiran ruumiinlämpöön. Sen perusteella voidaan päätellä, että myös paksuturkkiset koirat tarvitsevat lämmittelyä nostaakseen kehon ja lihasten lämpötilaa ennen suoritusta. Kylmällä ilmalla pitkäkarvaiset ja pohjavillalliset koirat eivät kuitenkaan välttämättä tarvitse vaatekustusta sillä koirat voivat säilyttää normaalin ruumiinlämmön (Sjaastad ym. 2010). Lyhytkarvaiset ja kiharakarvaiset koirat voidaan vaatekustaa kylmällä ilmalla, jotta saadaan ylläpidettyä lihasten lämpötilaa lämmittelyn ja harjoituksen välisenä aikana (Silva ym. 2018).

Agilityharjoituksen jälkeinen palautuminen on myös tärkeää ja koiran kunto vaikuttaa suorituksesta palautumiseen (Rovira ym. 2007a). Agilityharjoitus on koiralle fyysisesti raskas.

Epätäydellinen palautuminen voi aiheuttaa koiran elimistöön stressireaktiota ja sitä kautta olla haitallista (Seiler ym. 2007).

Onko koiran lämmittelyn laiminlyönti ennen agilitysuoritusta tiedon puutetta vai huolimattomuutta? Mielestäni agilityseurojen sekä yksityisten valmentajien tulisi kiinnittää enemmän huomiota koirien lämmittelemiseen. Olisiko tarvetta säännöille tai ohjeille, joissa koiran lämmittelyä ohjattaisiin turvallisesti. Näitä ohjeita ja sääntöjä olisi myös hyvä valvoa seurojen ja valmentajien toimesta. Lämmittely ei ole tarpeellista vain vammojen ennalta ehkäisemiseksi vaan myös koiran suorituskyvyn parantamiseksi. Lämmittelyn aikana ohjaaja voi myös havainnoida koiransa liikkumista sekä mielentilaa ja tehdä sen pohjalta päätelmiä tulevaa agilitysuoritusta varten. Hyvällä lämmittelyllä voidaan parhaassa tapauksessa parantaa kisasuoritusta.

# KIRJALLISUUSLUETTELO

Acevedo L, Rivero J. New insights into skeletal muscle fibre types in the dog with particular focus towards hybrid myosin phenotypes. *Cell Tissue Res* 2006, 323: 283–303.

Amako M, Oda T, Masuoka K, Yokoi H, Campisi P. Effect of Static Stretching on Prevention of Injuries for Military Recruits. *MILITARY MEDICINE*. 2003, 168: 442–446.

Andrade DC, Henriquez–Olguín C, Beltrán AR, Ramírez MA, Labarca C, Cornejo M, Álvarez C, Ramírez-Campillo R. Effects of general, specific and combined warm-up on explosive muscular performance. *Biology of Sport*. 2015, 32: 123–128.

Baltzer W, Firshman A, Strang B, Warnock J, Gorman E, Mckenzie E. The effect of agility exercise on eicosanoid excretion, oxidant status, and plasma lactate in dogs. *BMC Veterinary Research*. 2012, 8: 249.

Behm D, Bammbury A, Cahill F, Power K. Effect of Acute Static Stretching on Force, Balance, Reaction Time, and Movement Time. *Med Sci Sports Exerc*. 2004, 36: 1397–402.

Billeter R, Heizmann C, Howald H, Jenny E. Analysis of Myosin Light and Heavy Chain Types in Single Human Skeletal Muscle Fibers. *Eur J. Biochem* 1981, 116: 389–395.

Bishop D. Warm Up II Performance Changes Following Active Warm Up and How to Structure the Warm Up. *Sports Med* 2003; 33: 483–498.

Birch E, Carter A, Boud J. An examination of jump kinematics in dogs over increasing hurdle heights. *Comp Exerc Physiol*. 2006, 12: 91–98.

Bich E, Lesniak K. Effect of fence height on joint angles of agility. *The veterinary journal*. 2013, 198: 99–102.

Birch E, Boyd J, Doyle G, Pullen A. The effects of altered distances between obstacles on the jump kinematics and apparent joint angulations of large agility dogs. *The Veterinary Journal*. 2015, 204: 174–178.

Boehm I, Alhindi A, Leite A, Logie C, Gibbs A, Murray O, Farrukh R, Pirie R, Proudfoot C, Clutton R, Wishart T, Jones R, Gillingwater R. Comparative anatomy of the mammalian neuromuscular junction. *Journal of Anatomy*. 2020, 00: 1–10.

Cerretelli P, Piiper J, Mangili F, Cuttica F, Ricc B. Circulation in exercising dogs. *J Appl Physiol*. 1964, 19: 29–32.

Clayton H. Terminology For The Description Of Equine Jumping Kinematics. *Journal of Equine Veterinary Science*. 1989, 9: 341–348.

Cullen K, Dickey J, Bent L, Thomason J, Moens N. Survey-based analysis of risk factors for injury among dogs participating in agility training and competition events. *Vet Med Assoc*. 2013, 243: 1019–1024.

Cullen K, Dickey J, Brown S, Nykamp S, Bent L, Thomason J, Moens N. The magnitude of muscular activation of four canine forelimb muscles in dogs performing two agility-specific tasks. *BMC Veterinary Research*. 2017, 13: 68.

Dane D, Hsia C, Wu E, Hogg R, Hogg D, Estrera A, Johnson R. Splenectomy impairs diffusive oxygen transport in the lung of dogs. *J Appl Physiol*. 2006, 101: 289–297.

Derenne Coop. Effects of Postactivation Potentiation Warm-up in Male and Female Sport Performances: A Brief Review. *Strength and Conditioning Journal*: 2010, 32: 58–64.

Dupré G, Heidenreich D. Brachycephalic Syndrome. *Vet Clin Small Anim*. 2016, 46: 691–707.

Erling Irene. Kansikuva ja hyppyestekuva.

Fitts R. Cellular Mechanisms of Muscle Fatigue. *Physiological Reviews* 1994, 74: 49–94.

Fradkin A, Zazryn T, Smoliga J. Effects of warming-up on physical performance: a systematic review with meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010, 24: 140–148.

Green H. How important is endogenous muscle glycogen to fatigue in prolonged exercise? *Can. J. Physiol. Pharmacol.* 1990, 69: 290–297.

Grey S, Nimmo M. Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. *Journal of Sports Sciences*. 2001, 19: 693–700.

Haarto A. Fysiikan perusteet: voimat ja kiihtyvyyt. Turun ammattikorkeakoulu 2012. [http://fysiikka.turkuamk.fi/fysiikka/FysiikanPerusteetEL13/3\\_FP\\_voimat.pdf](http://fysiikka.turkuamk.fi/fysiikka/FysiikanPerusteetEL13/3_FP_voimat.pdf). Haettu 26.1.2021.

Hedlund C. Surgery of the upper respiratory system. Teoksessa: *Small animal surgery*. 3.p. Mosby Elsevier, Missouri 2007: 832–835.

Holloszy J, Coyle E. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exercise Physiol.* 1984, 56: 831–838.

Hsia C, Johnson R, Dane D, Wu E, Estrera A, Wagner H, Wagner P. The canine spleen in oxygen transport: gas exchange and hemodynamic responses to splenectomy. *J Appl Physiol.* 2007, 103: 1496–1505.

Jones R, Harrison C, Eaton S, Hurtado M, Graham L, Alkhamash L, Oladiran O, Gale A, Lamont D, Simpson H, Simmen M, Soeller C, Wishart T, Gillingwater T. Cellular and Molecular Anatomy of the Human Neuromuscular Junction. *Cell Reports*. 2017, 21: 2348–2356.

Kerr Z, Fields S, Comstock R. Epidemiology of Injury Among Handlers and Dogs Competing in the Sport of Agility. *Journal of Physical Activity and Health*. 2014, 11: 1032–1040.

Kwon C, Brundage C. Quantifying body surface temperature differences in canine coat types using infrared thermography. *Journal of Thermal Biology*. 2019, 82: 18–22.

König H, Liebich H. Lower respiratory tract. *Teoksessa: Veterinary anatomy of Domestic Mammals*. 6.p. Shautter GmbH, Stuttgart 2014: 393.

Latorre R, Gil F, Vazquez J, Moreno F, Mascarello F, Ramirez G. Skeletal muscle fibre types in the dog. *J. Anat*. 1993, 182: 329–337.

Levy I, Hall C, Trentacosta N, Percival M. A preliminary retrospective survey of injuries occurring in dogs participating in canine agility. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 2009, 22: 321–324.

Longhurst J, Musch T, Ordway G. O<sub>2</sub> consumption during exercise in dogs-roles of splenic contraction and  $\alpha$ -adrenergic vasoconstriction. *Am J Physiol*. 1986, 251: 502–509.

Luttrell M, Halliwill JR. Recovery from exercise: vulnerable state, window of opportunity, or crystal ball? *Front Physiol*. 2015, 6: 204.

Marcellin-Little D, Levine D, Taylor R. Rehabilitation and Conditioning of Sporting Dogs. *Vet Clin Small Anim*. 2005, 35: 1427–1439.

McKenzie E, Hinchcliff K, Valberg S, Williamson K, Payton M, Davis M. Assessment of alterations in triglyceride and glycogen concentrations in muscle tissue of Alaskan sled dogs during repetitive prolonged exercise. *Am J Vet Res*. 2008, 69: 1097–1103.

Meola S. Brachycephalic Airway Syndrome. *Topics in Companion Animal Medicine*. 2013, 28: 91–96.

Millard R. Exercise Physiology of canine athlete. Teoksessa: Canine Rehabilitation and Physical Therapy. 2.p. Saunders, 2014: 162–179.

Musch T, Haidet G, Ordway G. Dynamic exercise training in foxhounds. I. Oxygen consumption and hemodynamic responses, J Appl Physiol. 1985, 59: 183–189.

Nishimune H, Shigemoto K. Practical Anatomy of the Neuromuscular Junction in Health and Disease. Neurol Clin. 2018, 36: 231–240.

Pellegrino F, Risso A, Vaquero P, Corrada Y. Physiological parameter values in greyhounds before and after high-intensity exercise. Open Veterinary Journal. 2018, 1: 64–67.

Pfau T, Garland de Rivaz, Brighton S, Weller R. Kinetics of jump landing in agility dogs. Vet J. 2011, 190: 278–283.

Poole D, Erickson H. Highly Athletic Terrestrial Mammals: Horses and Dogs. Compr Physiol. 2011, 1(1):1-37.

Queiroz R, Silva V, Rocha D, Costa D, Turco S, Silva M, Santos A, Oliveira M, Pereira A, Palheta-Junior R. Changes in cardiovascular performance, biochemistry, gastric motility and muscle temperature induced by acute exercise on a treadmill in healthy military dogs. Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition. 2018, 102: 122–130.

Reece W, Erickson H, Goff J, Uemura E. Dukes' Physiology of Domestic Animals, 13.p. John Wiley & Sons 2015: 149–150.

Reynolds A, Fuhrer L, Dunlap H, Finke M, Kallfelz F. Effect of diet and training on muscle glycogen storage and utilization in sled dogs. App. Physiol. 1995, 79: 1601–1607.

Robinson N. Airway Physiology. Veterinary Clinics Of North America: Small Animal Practice. 1992, 22: 1043–1064.



Sand O, Sjaastad O, Haug E, Bjålie J, Toverud K. Ihminen Fysiologia ja anatomia. 8-11.p .  
Sanoma Pro oy, Helsinki 2014.

Rovira S, Munoz A, Benito M. Hematologic and biochemical changes during canine agility competitions. Vet Clin Pathol. 2007a, 36: 30–35.

Rovira S, Munoz A, Benito M. Fluid and Electolyte Shifts During anf after agility competitions in Dogs. J. Vet. Med. Sci. 2007b, 1: 31–35.

Safran M, Garrett W, Seaber A, Glisson R, Ribbeck B. The role of warmup in muscular injury prevention. Am J Sports Med. 1988, 16: 123–129.

Safran M, Seaber A, Garret W. Warm-up and muscular injury prevention, an update. Sports Med. 1989, 8: 239–249.

Seiler S, Haugen O, Kuffel E. Autonomic Recovery after Exercise in Trained Athletes: Intensity and Duration Effects. Medicine and science in sports and exercise. 2007, 8: 1366–1373.

Sellon D, Martucci K, Wenz J, marcellin-Little D, Powers M, Cullen K. A survey of risk factors for digit injuries among dogs training and competing in agility events. J Am Vet Med Assoc. 2018, 252: 75–83.

Shellock F, Prentice W. Warming-Up and Stretching for Improved Physical Performance and Prevention of Sports-Related Injuries. Sports Medicine. 1985, 2: 267–278.

Sjaastad, O, Sand O, Hove K. Physiology of Domestic Animals. 2.p. Scandinavian Veterinary Press, Oslo 2010.

Silva L, Nelva H, Marques M, Izquierdo M, Marinho D. Effects of Warm-Up, Post-Warm-Up, and Re-Warm-Up Strategies on Explosive Efforts in Team Sports: A Systematic Review. Sports Medicine. 2018, 48: 2285–2299.

Steiss J. Muscle disorders and rehabilitation in canine athletes. Vet Clin North Am Small Anim Pract. 2002, 32: 267–285.

Steiss J, Ahmad H, Cooper P, Ledford C. Physiologic Responses in Healthy Labrador Retrievers during Field Trial Training and Competition. J Vet Intern Med 2004, 18: 147–151.

Stewart I, Sleivert G. The Effect of Warm-up Intensity on Range of Motion and aerobic performance. Journal Orthop Sports Phys Ther. 1998, 27: 154–161.

Suomen Agilityliitto ry, lajiesite 2019.

Suomen Agilityliitto ry, B\_ Laji- ja arvosteluohje, haettu 5.10.2020, päivitetty 13.12.2017.

Suomen Agilityliitto ry, A\_kilpailusääntö, haettu 5.10.2020, päivitetty 26.11.2017.

Suomen Agilityliitto ry, agilityurheilijan eettiset ohjeet, haettu 20.10.2020.

Suomen Agilityliitto ry, *Tarkempia tietoja 2018 sääntöuudistuksesta*. 9.5.2017.

<https://www.agilityliitto.fi/uutiset/tarkempia-tietoja-2018-saantouudistuksesta/>, haettu 15.9.2020.

Suomen Kennelliitto, koiraharrastukset, agility.

<https://www.kennelliitto.fi/koiraharrastukset/kokeet-ja-kilpailut/agility>, haettu 15.9.2020.

Söhnel K, Rode C, Lussanet M, Wagner H, Fischer M, Andrada E. Limb dynamics in agility jumps of beginner and advanced dogs . Journal of Experimental Biology. 2020, 1: 223.

Tanssijoiden venyttely.

[https://cdn.ymaws.com/iadms.siteym.com/resource/resmgr/resource\\_papers/stretching-finnish.pdf](https://cdn.ymaws.com/iadms.siteym.com/resource/resmgr/resource_papers/stretching-finnish.pdf), haettu 20.2.2021.

Taylor C, Schmidt-Nielsen K, Dmi'el R, Fedak M. Effect of hyperthermia on heat balance during running in the African hunting dog. *American Journal Of Physiology*. 1971, 220: 823–827.

Thompson A, Kackley T, Palumbo M, Faigenbaum A. Acute effects of different warm-up protocols with and without a weighted vest on jumping performance in athletic women. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007, 21: 52–56.

Toniolo L, Maccatrozzo L, Patruno M, Pavan E, Caliaro F, Rossi R, Rinaldi C, Canepari M, Reggiani C, Mascarello F. Fiber types in canine muscles: myosin isoform expression and functional characterization. *Am J Physiol Cell Physiol* 2007, 292: 1915–1926.

Tsurubami R, Oba K, Samukawa M, Takizawa K, Chiba I, Yamanaka M, Tohyama H. Warm-Up Intensity and Time Course Effects on Jump Performance. *Journal of Sports Science and Medicine*. 2020, 19: 714–720.

Van Citters R, Franklin D. Cardiovascular Performance of Alaska Sled Dogs during Exercise. *Circ Res*. 1969;24: 33–42.

Van Mechelen W, Hlobil H, Kemper H, Voorn W, Jongh H. Prevention of running injuries by warm-up, cool-down, and stretching exercises. *Am J Sports Med*. 1993, 21: 711–719.

Vetter R. Effect of six warm-up protocols on sprint and jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2007, 21: 819–823.

Vänttilä. Pulssioksimetrin Elektroniikka. Hyvinvointiteknologian koulutusohjelma Oulun seudun ammattikorkeakoulu. 2013.

Woods K, Bishop P, Jones E. Warm-Up and Stretching in the Prevention of Muscular Injury. *Sports Med*. 2007, 37: 1089–1099.

Yanoff S, Hulse D, Hogan H, Slater M, Longnecker, Schattaue M. Measurements of Vertical Ground Reaction Force in Jumping Dogs. *Vet Comp Orthop Traumatol*. 1992, 05: 44–50.

Young D, Mosher R, Erve P, Spector H. Body temperature and heat exchange during treadmill running in dogs. QM Research and Engineering Command, U.S. Army. 1959: 14: 839–843.

Zink C. What is a canine athlete? Teoksessa: *Canine Sports Medicine and Rehabilitation*. 1. p. John Wiley & Sons, Inc. Chichester 2013: 9–16.